برنده جایزه کتاب سال ۲۰۰۴ امریکا



# تاریخچهٔ تقریباً همه چیز

بیل برایسن

ترجمهٔ محمد تقی فرامرزی

درخت تو گر بار دانش بگیرد
به زیر آوری چرخ نیلوفری را
[ناصرخسرو]

# تاریخچهٔ تقریباً همه چیز

بیل برایسن

ترجمهٔ
محمدتقی فرامرزی

انتشارات مازیار

برایسن، بیل، ۱۹۵۱ ـ م Bryson, Bill
تاریخچه تقریباً همه چیز/ بیل برایسن؛ ترجمه محمدتقی فرامرزی. ـ تهران: مازیار، ۱۳۸۴.
۶۱۶ ص. ISBN 964-5676-48-7
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی: A Short History of Nearly Everything: 2003.
۱. علوم ـ به زبان ساده. الف. فرامرزی، محمدتقی، ۱۳۲۵ ـ ، مترجم. ب. عنوان.
۲ت۴ب/Q۱۶۲ ۵۰۰
۱۳۸۴
کتابخانه‌ملی‌ایران ۲۳۶۰۳ـ۸۴م

انتشارات مازیار

مقابل دانشگاه تهران شماره ۱۴۳۰، طبقه اول شماره ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

تاریخچهٔ تقریباً همه چیز
بیل برایسن
ترجمهٔ محمدتقی فرامرزی
چاپ اول ۱۳۸۴
تیراژ ۲۲۰۰ نسخه
حروفچینی فرهنگ ماهرخ
لیتوگرافی، چاپ و صحافی طیف‌نگار
شابک ۷ ـ ۴۸ ـ ۵۶۷۶ ـ ۹۶۴

## سپاسگزاری

همچنان که در این نخستین روزهای سال ۲۰۰۳ در اینجا نشسته‌ام، صفحات بسیاری از دست نوشتهٔ حاوی یادداشت‌های بس دلگرم کننده و سنجیدهٔ یان تترسال (Ian Tattersall) از موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا را پیش روی خود دارم که در آن‌ها از جمله به این نکته‌ها اشاره می‌کند که پریگو (Perigueux) یک منطقهٔ شراب خیز نیست، که تأکید کردن بر تقسیم بندی‌های بالاتر از سطح جنس (genus) و گونه (Species) از جانب من کاری نوآورانه ولی اندکی نامتعارف است، که من همیشه املای نام اولورژسای (Olorgesaille) یعنی محلی را که فقط اخیراً از آن دیدار کردم غلط نوشته‌ام، و الی آخر در دو فصل از متن مربوط به زمینهٔ مورد علاقه‌اش یعنی انسان‌های آغازین.

خدا می‌داند چند مورد دردسرآفرین دیگر از این قبیل ممکن است همچنان در دل این صفحات نهفته و در کمین باشند، اما به واسطهٔ تلاش‌های دکتر تترسال و تمام کسانی که در اینجا می‌خواهم از ایشان نام ببرم، خوشبختانه تعداد این موارد از چند صدتای دیگر فراتر نمی‌رود. راستش را بخواهید چنان که باید و شاید نمی‌توانم تمام کسانی را که مرا در تدارک این کتاب یاری کرده‌اند از آغاز تا پایان نام ببرم. اما به ویژه از این کسان سپاسگزارم که همواره با سخاوت و مهربانی به یک پرسش عادی و دایماً تکرار شوندهٔ من پاسخ دادند و ثابت کردند از چه شکیبایی قهرمانانه‌ای برخوردارند. پرسشم چنین بود: «ببخشید، می‌شود خواهش کنم که یک بار دیگر توضیح دهید؟»

در ایالات متحد آمریکا: یان تترسال از موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا در نیویورک؛ جان تورستنسن، مری ک. هادسن، و دیوید بلانچفلاور از کالج دارموت در هانوور و نیوهمپشر؛ دکتر ویلیام عبدو و دکتر برایان مارش از مرکز پزشکی دارموت هیچکاک در لبانن، نیوهمپشر؛ ری اندرسن و برایان ویتسکه از وزارت منابع طبیعی ایالت آیووا، در شهر آیووا؛ مایک وورهیز از دانشگاه نبراسکا و پارک ایالتی اَشفال فاسیل بدز در نزدیکی اورچارد، نبراسکا؛ چاک افنبرگر از دانشگاه بوئنا ویستا و استورم لیکِ ایالت آیووا؛ کِن رانکورت، مدیر بخش پژوهش در رصدخانهٔ ماونت واشینگتن گورهم، نیوهمپشر؛ پاول داس زمین‌شناس از پارک ملی یلوستن و همسرش خانم هایدی از همان پارک ملی؛ فرنک آسارو از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی؛ اولیور پین و لین ادیسن از انجمن ملی جغرافیایی؛ جیمز ا. فارلو از دانشگاه ایندیانا ـ پروود؛ راجر ل. لارسن استاد جغرافیای دریایی از دانشگاه رود آیلند؛ جف گین از روزنامهٔ *Fort Worth Star - Teleram*؛ جری کستن از دالاس در تکزاس؛ و کارکنان انجمن تاریخی آیووا در دی موینز.

در انگلستان: دیوید کپلین از ایمپریال کالج لندن؛ ریچارد فورتی، لِن الیس و کتی وی از موزهٔ تاریخ طبیعی؛ مارتین رف از یونیورسیتی کالج لندن؛ روزالیند هاردینگ از انستیتوی انسان‌شناسی زیستی در آکسفرد؛ دکتر لارنس اسمج عضو سابق انستیتوی ولکام؛ و کایت بلکمور از نشریهٔ *The Times*.

در استرالیا: پدر روحانی رابرت اوانز از هیزلبروک نیو ساوث ویلز؛ الن تورن و ویکتوریا بنت از دانشگاه ملی استرالیا در کانبرا؛ لوئیس برک و جان هاولی از کانبرا؛ ان میلن از نشریهٔ *Sydney Morning Herald*؛ یان نوواک عضو سابق انجمن زمین‌شناسی استرالیای غربی؛ تامس هریچ از موزهٔ ویکتوریا؛ تیم فلنری مدیر موزهٔ استرالیای جنوبی در آدلائید؛ و کارکنان بسیار مهربان و کمک کنندهٔ کتابخانهٔ ایالتی نیو ساوث ویلز در سیدنی.

در جاهای دیگر: سو سوپرویل مدیر مرکز اطلاعات در موزهٔ زلند جدید، ولینگتن، و دکتر اما مبوا، دکتر کوئن مایس، و جیلانی نگالا از موزهٔ ملی کنیا در نایروبی.

همچنین عمیقاً و به شکلی دیگر، خود را مدیون پتریک جنسن ـ اسمیت،

استیو رابین، جد ماتز، کرول هیتن، چارلز الیوت، دیوید برایسُن، فلیسیتی برایسُن، دان مک‌لین، نیک ساوثرن، پتریک گلاگر، لری اشمید، و کارکنان کتابخانهٔ بی مانند و همیشه نشاط بخش هاو در هانوور نیوهمپشر می‌دانم.

بالاتر از همه و همچون همیشه، سپاس قلبی خود را از همسر عزیز، صبور و بی‌نظیرم سینتیا ابراز می‌دارم.

# فهرست

## بخش ۵ از کائنات تا حیات



## بخش ۶ بزرگراهی به سوی انسان

روزی، لئو سیلارد پزشک به دوستش هانس بـته گفت به فکـر نـوشتن خـاطرات روزانـه‌اش افـتاده است: «نمی‌خواهم منتشرش کنم. فقط می‌خواهم حقایقی را برای اطلاع خداوند ثبت کـنم.» بـته در پاسخ پرسید: «آیا گمان مـی‌کنی خـداونـد از ایـن حقایق اطـلاع دارد؟» سـیلارد گـفت: «بـله، گـمان می‌کنم. او از حقایق اطلاع دارد، اما از این روایت این حقایق توسط من بی‌خبر است.»

ـ هانس کریستین فـون بـایردر کـتاب رام کردن اتم Taming the Atom

# پیشگفتار

وه که چه خوش آمدی. رسیدنت مبارک باد. خوشحالم که توانستی بیایی. می‌دانم که رسیدن به اینحا کاری ساده نبود. به بیان دقیق‌تر، گمان می‌کنم اندکی از آنچه تو تصور می‌کنی دشوارتر بود.

آنچه نخست باید بدانی این است که برای آنکه بتوانی در اینجا باشی تریلیون‌ها اتم سرگردان مجبور بوده‌اند به شکلی و از راه‌هایی حیرت‌انگیز و سرشار از لطف و محبت در یک‌جا گردهم آیند تا تو آفریده شوی. یک چنین گردآمدنی به قدری اختصاصی و یگانه است که پیش از این هیچ‌گاه تلاشی برای تحققاش به عمل نیامده است و فقط همین یک‌بار است که موجودیت‌اش به حقیقت پیوسته است. در طی سال‌های آینده (امید می‌رود که) این ذرات خُرد بی هیچ گله و شکایتی دست‌اندرکار میلیون‌ها تلاش آمیخته با مهارت و همکاری لازم برای برپا و یکپارچه نگه داشتن تو و فراهم آوردن حالت بی‌نهایت خوش‌آیند اما عموماً کم‌تر فهمیده شدهٔ معروف به هستی باشند.

اینکه چرا اتم‌ها خود را چنین به دردسر می‌اندازند، برای ما همچنان یک معما است. تو بودن در سطح اتم، تجربه‌ای خوش‌حال کننده نیست. اتم‌های تو با همهٔ توجه مشتاقانه‌ای که دارند عملاً به فکر تو نیستند ــ یعنی اصلاً نمی‌دانند که تویی هم در کار است. آن‌ها حتی نمی‌دانند که خودشان هم در جایی وجود دارند. چون اتم‌ها ذراتی بی‌مغزند، حتی زنده نیستند. (برایت اندکی جالب خواهد بود اگر در تصور آوری که خودت را ذره ذره هر بار یک اتم، با یک موچین از هم واکنی، کوهی از غبار نرم اتمی به وجود خواهد آمد که هیچ یک از اتم‌هایش پیش از این کار زنده نبوده‌اند اما جملگی، یک زمانی تو بوده‌اند.) اما

همین اتم‌ها، به نحوی در طی دورهٔ هستی تو به یک وسوسهٔ فراگیر همیشگی پاسخ خواهند داد: **تو** را، **تو** نگه دارند.

اما مشکل اینجاست که اتم‌ها ناپایدارند و زمان دلبستگی‌شان کوتاه ــ و عملاً بسیار زودگذر ــ است. حتی انسانی با عمر طولانی، حداکثر ۶۵۰,۰۰۰ ساعت زندگی می‌کند. و زمانی که این فرسنگ‌شمار کم فاصله به پایان خود نزدیک می‌شود، یا در نقطه‌ای نزدیک به آن، اتم‌های تو به دلایل نامعلوم هستی تو را متوقف خواهند ساخت، وجودت را بی‌صدا از هم تفکیک خواهند کرد و به راه‌شان ادامه خواهند داد تا چیزهایی دیگر شوند. و چنین است داستان تو.

با این حال، تو ممکن است احساس شادی کنی از این که چنین چیزی رخ می‌دهد. به طور کلی و تا جایی که ما می‌دانیم، این پدیده همواره در کائنات رخ می‌دهد. تردیدی نیست که خیلی عجیب است زیرا اتم‌هایی که چنین آزادانه و به طور ذاتی دسته دسته در جاهایی گرد هم می‌آیند تا موجودات زندهٔ روی کرهٔ خاکی را پدید آورند، درست همان اتم‌هایی هستند که از آن کار دست بر می‌دارند و می‌روند همان کار را در جایی دیگر آغاز می‌کنند. حیات، هر چیز دیگری که باشد در حوزه یا محدودهٔ علم شیمی، به طرز حیرت‌آوری مادی است: کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن، اندکی کلسیم، قدری گوگرد و گردهٔ سبکی از عناصر دیگر ــ نه چیزی که نتوان در یک رودخانهٔ عادی پیدا کرد ــ کل آن چیزهایی هستند که بدین منظور نیاز داریم. تنها نکتهٔ استثنایی در اتم‌های پدید آورندهٔ تو آن است که چیزی را در قالب تو پدید می‌آورند. البته این همان معجزهٔ حیات است.

اتم‌ها چه در گوشه‌های دیگری از کائنات تشکیل حیات بدهند چه ندهند، بسیاری کارهای دیگر انجام می‌دهند؛ هر چیز دیگری را هم که در جهان می‌بینیم تشکیل می‌دهند. بدون اتم، آب یا هوا یا سنگ، ستارگان یا سیاره‌ها، ابرهای گازی دور دست یا سحابی‌های پر پیچ و تاب یا هیچ‌یک از چیزهای دیگری که کائنات را به ماده‌ای چنین مفید تبدیل می‌کنند وجود نخواهند داشت. اتم‌ها به قدری پرشمار و ضروری‌اند که ما خیلی ساده از یاد می‌بریم که اصولاً به وجودشان نیاز داریم. هیچ قانونی وجود ندارد که بر طبق آن کائنات ملزم شود خود را از ذرات خرد مادی انباشته سازد یا نور و جاذبه و دیگر خواص فیزیکی را که هستی ما بر محور آن‌ها می‌چرخد تولید کند. به عبارت دقیق‌تر، هیچ نیازی به

وجود کائنات هم نیست. در دوران‌هایی بس طولانی، کائناتی در کار نبود. اثری از اتم‌ها یا کائنات هم نبود که اتم‌ها بتوانند آن را جولانگاه خویش سازند. چیزی وجود نداشت ـ هیچ چیزی در هیچ جا.

پس خدا را شکر که اتم‌ها پیدا شدند. اما همین که تو دارای اتم هستی و اتم‌ها چنین مشتاقانه در یک‌جا گرد می‌آیند، فقط جزیی از آن چیزی است که تو را تا بدین‌جا رسانده است. برای آنکه تو اکنون در اینجا، زنده و در آغاز سدهٔ بیست و یکم و از هوش کافی برای پی بردن به آن نیز برخوردار باشی، می‌بایست وارث زنجیرهٔ خارق‌العاده‌ای از خوش‌اقبالی‌های زیست‌شناختی بوده باشی. بقای حیات در کرهٔ زمین، پدیده‌ای بس دشوار و پیچیده است. از میان میلیاردها میلیارد انواع موجودات زنده‌ای که از آغاز زمان تاکنون پای به عرصهٔ هستی نهاده‌اند، اغلب‌شان ـ ۹۹/۹۹ درصد ـ دیگر وجود ندارند. همچنان که می‌بینی، حیات در کرهٔ خاکی نه فقط عمری کوتاه دارد بلکه به طرز نومیدکننده‌ای ظریف است و به تارمویی بستگی دارد. از خصوصیات شگفتی‌آور هستی ما آن است که ما از کره‌ای برخاسته‌ایم که خیلی خوب به گسترش حیات یاری می‌رساند ولی مهارتش در خاموش کردن شعله‌های حیات بسی بیشتر است.

عمر هر گونهٔ زنده در کرهٔ زمین به طور متوسط فقط چیزی در حدود چهار میلیون سال ادامه پیدا می‌کند، به همین علت اگر بخواهی چهار میلیون سال در عرصهٔ خاک حضور داشته باشی باید همانند اتم‌های تشکیل دهندهٔ خودت ناپایدار و تغییرپذیر شوی. باید برای تغییر دادن همه چیز در وجود خودت ـ شکل، اندازه، رنگ، خویشاوندی گونه‌ای، همه چیز ـ آماده شوی و این کار را بارها و بارها انجام دهی. به زبان آوردن این سخن بسی آسان‌تر است تا عملی کردن آن، زیرا فرآیند تغییر، فرآیندی تصادفی است. خارج شدن از «گلبول اتمی و پروتوپلاسمایی آغازین» (به گفتهٔ گیلبرت و سالیوان) و رسیدن به مرحلهٔ انسان صاحب شعور و راست قامت امروزی، مستلزم آن بوده است که تو صفات جدید را بارها و بارها و به روشی دقیقاً زمان‌بندی شده در یک دورهٔ فوق‌العاده طولانی دستخوش جهش کنی. بنابراین در ۳/۸ میلیارد سال گذشته تو از اکسیژن متنفر شده‌ای و سپس به گرد آن حلقه زده‌ای، صاحب باله و دست و پا و بادبان‌های مطمئن شده‌ای، تخم گذاشته‌ای، با زبان دو شاخه‌ات هوا را به حرکت

درآورده‌ای، صاحب موهای لَخت و براق شده‌ای، پشمالو شده‌ای، در زیرزمین زندگی کرده‌ای، روی درخت زندگی کرده‌ای، جثه‌ای به بزرگی گوزن داشته‌ای یا همچون موش کوچک بوده‌ای، و میلیون‌ها چیز دیگر. کوچک‌ترین انحراف از هر یک از این جابه‌جایی‌ها و تغییرات تکاملی، کافی بود که امروزه مشغول لیسیدن جلبک‌های آویخته از دیوار غارها باشی یا همچون فیل دریایی بر ساحلی سنگی ولو شده باشی یا هوا را از سوراخی بر فرق سرت بیرون دهی و برای به چنگ آوردن یک مشت کِرم ماسه‌زی و پر کردن دهانت تا عمق بیست متری دریا پایین بروی.

تو نه فقط آنقدر خوش‌بخت بوده‌ای که از روزگاران بسیار کهن به یک شاخهٔ تکاملی مناسب تعلق داشته‌ای بلکه در عین‌حال از لحاظ نیاکان شخصی‌ات بی‌نهایت ـ یا بهتراست بگوییم به طرزی معجزه آسا ـ خوش‌بخت بوده‌ای. به این نکته توجه کن که در یک دورهٔ ۳/۸ میلیارد ساله، دوره‌ای کهن‌تر از عمر کوه‌ها و رودها و اقیانوس‌های کرهٔ زمین، هر یک از نیاکان پدری و مادری‌ات از جذابیت کافی برای پیدا کردن یک جفت برای خودش برخوردار بوده و سلامت لازم برای تولید مثل را داشته است و سرنوشت و عوامل محیطی نیز به قدر کافی با او همراه بوده‌اند که عمر طولانی لازم برای چنین چیزی را در اختیارش گذاشته‌اند. حتی یکی از نیاکان مستقیمت زیر پا له نشد، از هم دریده نشده، غرق نشده، از گرسنگی نمرد، درمانده نشد، در جایی گیر نیفتاد، بی‌موقع زخمی نشد، یا به شکلی از یک عمر تلاش و جستجو برای تحویل قطرهٔ کوچکی از مادهٔ وراثتی خود به شریک و جفت‌اش در لحظهٔ مناسب و برای ابدی ساختن تنها توالی ترکیب‌های موروثی که می‌توانست ـ سرانجام به طرزی حیرت‌آور و در یک آن ـ به پیدایش تو بیانجامد دست برنداشت و منحرف نشد.

این کتاب به تو می‌گوید که این همه چگونه رخ داد ـ بویژه آنکه در می‌یابیم ما چگونه از هیچ بودن به چیزی بودن رسیدیم، و سپس چگونه ذره‌ای از آن چیز به ما تبدیل شد، و نیز با بخشی از آنچه در آن فاصله و از آن پس رخ داد آشنا می‌شویم. این البته چیز کمی نیست، و به همین علت است که عنوان کتاب را نیز با آنکه عملاً تاریخچهٔ همه چیز نیست، تاریخچهٔ تقریباً همه چیز برگزیده‌ام. این کتاب نمی‌تواند تاریخچهٔ همه چیز باشد، اما خوشبختانه وقتی خواندنش را به پایان

می‌رسانیم احساس خواهیم کرد که چنین است.

نقطهٔ آغاز کار خود من، هر ارزشی که می‌خواهد داشته باشد، یک کتاب مصور علمی بود که در کلاس چهارم یا پنجم به عنوان کتاب درسی مدرسهٔ ما انتخاب شده بود. این کتاب از نوع کتاب‌های درسی رایج در دههٔ ۱۹۵۰-۵۹ بود ــ فرسوده، دوست نداشتنی، سنگین و پر ــ اما در یکی از صفحات نزدیک به صفحهٔ عنوان‌اش تصویری چاپ شده بود که توجه مرا با یک نگاه به خود جلب کرد: نموداری برش خورده، درون کرهٔ زمین را طوری نشان می‌داد که گویی چاقویی به دست گرفته و یک چهارم از حجم کلی آن را با احتیاط بریده و برداشته‌اند.

به سختی می‌توان باور کرد که من تا پیش از آن هیچ‌گاه چنان تصویری را ندیده بودم، ولی ظاهراً ندیده بودم چون خیلی خوب به یاد می‌آورم که به محض دیدنش از حیرت در جای خود میخکوب شدم. راست‌اش را بخواهید گمان می‌کنم علاقهٔ اولیهٔ من بر اساس تصویری خصوصی از چند گروه رانندهٔ غافل شکل گرفت که در ایالت‌های بیابانی آمریکا رو به شرق از لبهٔ یک پرتگاه ناگهانی به ارتفاع ۴,۰۰۰ مایل بین آمریکای مرکزی و قطب شمال می‌پریدند، اما توجهم تدریجاً و به روشی محققانه به سوی مفهوم علمی این نقشه و دریافت این نکته جلب می‌شد که فهمیدم کرهٔ زمین از چندین لایهٔ متمایز تشکیل می‌شود و در مرکز آن کره‌ای سوزان از آهن و نیکل قرار دارد که بر اساس شرح زیر آن حرارتی معادل حرارت سطح خورشید دارد، و به یاد دارم که با شگفتی وصف‌ناپذیری از خودم پرسیدم: «از کجا می‌دانند که چنین است؟»

من حتی یک لحظه در صحت اطلاعات مذکور تردید نکردم ــ امروزه هم به سخنان دانشمندان همان گونه باور دارم که به سخنان جراحان، لوله‌کش‌ها و دیگر صاحبان اطلاعات سری و محرمانه ایمان دارم ــ اما صادقانه می‌گویم که نمی‌توانستم تصور کنم چگونه ممکن است ذهن آدمی از شکل ظاهر و ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ فضاهایی سردرآورد که میلیون‌ها مایل پایین‌تر از او قرار دارند، هیچ چشمی آن‌ها را ندیده یا اشعهٔ ایکس هم نتوانسته است در آن‌ها نفوذ کند. آنچه دیدم در نظرم یک معجزه بود. ارتباطام با دنیای علم از آن زمان تاکنون همین‌گونه بوده است.

من که شدیداً به هیجان آمده بودم کتاب را آن شب با خودم به خانه آوردم

و پیش از شام بازش کردم ــ که همین باعث شد مادرم دستی بر پیشانی‌ام بگذارد و از مریض نبودنم مطمئن شود ــ و از صفحهٔ اول شروع به خواندن کردم.

اما نتیجه. کتاب اصلاً جالب یا هیجان‌انگیز نبود. بر روی هم، می‌توان گفت قابل فهم هم نبود. به ویژه آنکه به هیچ یک از پرسش‌هایی که مشاهدهٔ آن تصویر در یک ذهن جستجوگر عادی بر می‌انگیزد پاسخ نمی‌داد: کرهٔ زمین چگونه صاحب خورشیدی در دل خود شد؟ و اگر چنین خورشیدی در آنجا آرام آرام می‌سوزد چرا زمینی که با پای ما تماس دارد داغ نیست؟ و چرا دیگر بخش‌های درونی زمین مذاب نیستند ــ یا چرا هستند؟ و وقتی هستهٔ مرکزی زمین سرانجام می‌سوزد و از میان می‌رود آیا بخشی از زمین به درون خلاء حاصل از آن نابودی فرو خواهد ریخت و حفره‌ای غول‌آسا بر سطح زمین بر جا خواهد گذاشت؟ از کجا مطمئنی؟ چگونه از چنین چیزی سر درآوردی؟

اما نویسندهٔ کتاب به طرز عجیبی دربارهٔ این‌گونه جزییات سکوت اختیار کرده بود ــ به عبارت دقیق‌تر در مورد هر موضوعی سکوت اختیار کرده بود به‌استثنای طاقدیس‌ها، ناودیس‌ها، گسل‌های محوری، و مانند اینها. گویی تمام این موارد را از سر عقل پنهان نگه داشته بود تا جملگی را غیرقابل اندازه‌گیری و درک نشان دهد. باگذشت سال‌ها، من تدریجاً در مورد این که چنین تفسیری یک تمایل درونی خصوصی است دستخوش تردیدهایی شدم. به نظر می‌رسید که نوعی توطئهٔ گیج کنندهٔ جهانی در میان نویسندگان کتاب‌های درسی وجود داشت تا به خواننده اطمینان دهند مطالبی که توسط ایشان بررسی می‌شود هیچ‌گاه به مرز موضوعات اندکی جالب نزدیک نمی‌شود و فاصلهٔ بین آن مطالب با مطالب آشکارا جالب توجه به اندازهٔ تلفن کردن از یک راه دور است.

اکنون می‌دانم سپاه بزرگی از نویسندگان موضوعات علمی در آمریکا وجود دارد که با نثری صریح و پرهیجان می‌نویسند ــ مانند تیموثی فریس، ریچارد فورتی و تیم فلنری که سه تن از برجسته‌ترین‌های این عرصه هستند (البته اگر نخواهیم از مرحوم ریچارد فاینمن یاد کنیم که جایگاهی چون خدایان به دست آورده بود) ــ ولی متأسفانه تا این تاریخ هیچ‌یک از ایشان نویسندهٔ یکی از کتاب‌های درسی مورد استفادهٔ من نبوده‌اند. تمام کتاب‌های درسی من توسط مردانی (همیشه مردان) به رشتهٔ نگارش در آمده بودند که معتقد بودند هر

نکته‌ای زمانی روشن می‌شود که در قالب فرمول بیان شود، و نیز به این اعتقاد جالب و گمراه کننده باور داشتند که کودکان آمریکایی دوست دارند فصل‌های کتاب‌های‌شان با یک بخش شامل پرسش‌هایی به پایان برسد که آن‌ها بتوانند سر فرصت درباره‌شان تأمل و تفکر کنند. بدین ترتیب، سال‌های عمر را پشت سر می‌گذاشتم و معتقد بودم که علم چیزی بی‌نهایت کسل کننده است، اما گمان می‌کردم که نیازی به کسل کننده بودن ندارد و اگر از دستم بر می‌آمد اصلاً به چنین چیزی نمی‌اندیشیدم. مدت‌ها نیز به اعتقاد خود پای‌بند شدم.

اما سال‌ها بعد ــ چهار یا پنج سال پیش ــ که در مسیری طولانی از آن سوی اقیانوس آرام با هواپیما سفر می‌کردم، از پشت پنجره به اقیانوس روشن از تابش نور ماه خیره شده بودم که ناگهان احساسی قوی در من بیدار شد و من به خودم گفتم گویا دربارهٔ تنها کره‌ای که می‌خواهم به زندگی در آن ادامه دهم چیزی نمی‌دانم. مثلاً نمی‌دانستم چرا آب اقیانوس‌ها شور است ولی آب دریاچه‌های بزرگ شمال شرقی آمریکا شور نیست. کوچکترین تصوری از پاسخ به این پرسش در ذهن خود نداشتم. هیچ نمی‌دانستم که گذشت زمان بر شوری آب اقیانوس‌ها می‌افزاید یا از آن می‌کاهد، و آیا سطوح شوری آب اقیانوس‌ها از موضوعاتی است که من باید نگرانش باشم یا بهتر است در موردش نیندیشم. (با خوشحالی می‌خواهم بگویم که دانشمندان نیز تا اواخر دههٔ ۱۹۷۰-۷۹ پاسخی برای این پرسش‌ها نداشتند: آن‌ها فقط با صدای قابل شنیدن دربارهٔ این موضوعات صحبت نمی‌کردند.)

درجهٔ شوری آب اقیانوس‌ها، البته باریک‌ترین عرصهٔ نادانی و بی‌اطلاعی من بود. نمی‌دانستم پروتون یا پروتئین چیست، کوارک را از کواسار تشخیص نمی‌دادم، نمی‌دانستم زمین‌شناس‌ها چگونه می‌توانند نگاهی به یک لایه از تودهٔ سنگ دیوارهٔ یک دره بیندازند و عمر آن را تشخیص دهند، حقیقتاً چیزی نمی‌دانستم. یک اشتیاق آرام و خارق‌العاده برای یادگرفتن و دانستن برخی نکات دربارهٔ این موضوعات و دریافتن اینکه تاکنون چند نفر توانسته‌اند از آن‌ها سر درآورند آرام آرام بر وجودم چیره شد. این همواره بزرگترین شگفتی زندگی‌ام بوده است ــ دانشمندان چگونه از مسایل سر در می‌آورند. فلان دانشمند چگونه می‌داند کرهٔ زمین چه وزنی دارد یا سنگ‌هایش چه عمری دارند یا چه چیزهایی

در اعماق زمین نهفته است؟ چگونه می‌توانند به چگونگی و زمان پیدایش کائنات و شکل کائنات در نخستین روزهای پیدایش‌اش پی ببرند؟ چگونه می‌توانند دریابند که در دورن اتم چه می‌گذرد؟ و سرانجام اینکه ـ یا شاید مهم‌تر از همه اینکه ـ چگونه ممکن است غالباً چنین به نظر برسد که دانشمندان تقریباً همه چیز را می‌دانند اما باز نمی‌توانند یک زلزله را پیش‌بینی کنند یا حتی بگویند که اگر فردا به تماشای مسابقهٔ فوتبال می‌رویم با خودمان چتر برداریم؟

بدین سان بود که تصمیم گرفتم بخشی از عمرم را ـ که از قرار معلوم سه سال شده است ـ به مطالعهٔ کتاب‌ها و مجله‌ها و یافتن کارشناسانی پارسامنش و شکیبا و آمادهٔ پاسخ‌گویی به انبوه پرسش‌های فوق‌العاده گنگ اختصاص دهم. اندیشهٔ اصلی در این کار، پی بردن به این نکته بود که آیا نمی‌توان شگفتی و دستاوردهای علم را در سطحی که خیلی فنی یا دشوار نیست و در عین‌حال تماماً سطحی هم نیست فهمید یا درک کرد ـ یا از آن در شگفت شد یا حتی از آن لذت برد؟

این اندیشه و امید من بود و کتابی هم که می‌خواهید به مطالعه‌اش بپردازید با چنین هدفی به نگارش درآمده است. به هر حال، برای این کار، راهی بس دراز و زمانی بس کمتر از ۶۵۰,۰۰۰ ساعت در پیش داریم. پس بیایید گام در راه بگذاریم.

# بخش ۱ گم شده در کیهان

آن‌ها همگی در یک سطح قرار دارند. همگی در یک جهت به گردش درآمده‌اند... می‌دانید، کامل است. عالی است. تقریباً استثنایی است.

ــ جفری مارسی فضانورد در توصیف منظومهٔ شمسی

# ۱ چگونه یک کائنات بسازیم

شما هر قدر هم که به خودتان زحمت دهید، هیچ‌گاه نخواهید دانست که یک پروتون به راستی چقدر ریز و کم حجم است. فقط بدانید کوچکتر از آن است که بتوان در تصور آورد.

پروتون ریزترین جزء تشکیل دهندهٔ اتم است، که البته خود اتم نیز چیزی بس ریز و خیالی است. پروتون‌ها به قدری ریزند که یک لکهٔ بسیار کوچک مرکب، مانند نقطهٔ بالای حرف انگلیسی i می‌تواند چیزی در حدود ۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ (پانصد میلیارد) از آن‌ها را در خود جای دهد، که این از مجموع ثانیه‌های تشکیل دهندهٔ نیم میلیون سال اندکی بیشتر است. سخن آخر آنکه پروتون‌ها، ذراتی بی‌نهایت میکروسکپی هستند.

حال اگر می‌توانید (که البته نمی‌توانید)، تصور کنید یکی از این پروتون‌ها را تا یک میلیاردیم اندازهٔ طبیعی‌اش کوچک‌تر کرده و در فضایی بس کوچک قرار داده‌اید که پروتون در داخل آن به صورت ذره‌ای بس بزرگ به نظر می‌رسد. حال بیایید ماده‌ای معادل یک اونس را در درون آن فضای کوچک کوچک بگنجانید. عالی است. اکنون برای ساختن یک کائنات آماده شده‌اید.

البته من چنین فرض می‌کنم که شما در نظر دارید یک کائنات گسترش یابنده بسازید. اما اگر ترجیح دهید کائناتی کهنه‌تر و دارای ابعادی مشخص از نوع انفجار بزرگ بسازید به مواد اضافی نیاز پیدا خواهید کرد. به عبارت دقیق‌تر مجبور خواهید شد هر آنچه را که به دست‌تان می‌رسد ــ هر ذرهٔ ریز و درشت مادی در حد فاصل از اینجا تا مرزهای آفرینش ــ را گردآوری کنید و در درون فضای چنان بی‌نهایت خُرد و فشرده‌ای بگنجانید که اصلاً بُعدی ندارد. این چنین

خصوصیتی تکینگی نامیده می‌شود.

در هر حال، خودتان را برای یک انفجار بزرگ آماده کنید. طبیعی است که برای مشاهدهٔ این منظره دلتان می‌خواهد عقب‌تر بروید و خودتان را به نقطه‌ای امن برسانید. متاسفانه جایی برای عقب‌تر رفتن نیست زیرا در خارج از تکینگی، هیچ جایی وجود ندارد. وقتی کائنات دست‌اندرکار گسترش خود می‌شود، طوری گسترش نمی‌یابد که خلاء یا فضای خالی بزرگتری را پر کند. تنها فضایی که وجود دارد همان فضایی است که کائنات به هنگام گسترش خود ایجاد می‌کند.

مجسم کردن تکینگی به صورت نقطه‌ای باردار که از خلایی تاریک و بی مرز آویخته است کاری طبیعی به نظر می‌رسد ولی خطا است. اما هیچ اثری از فضا یا تاریکی نیست. تکینگی در پیرامون خود هیچ «اطرافی» ندارد. هیچ فضایی برای اشغال شدن توسط تکینگی و هیچ مکانی برای قرار گرفتن تکینگی در آن وجود ندارد. حتی نمی‌توان پرسید تکینگی از چه زمانی وجود داشته است ـ یا همین اواخر، مانند فکری خوب که تصور می‌شود ناگهان پدیدار شده است یا آنکه از ازل وجود داشته و آرام به انتظار لحظهٔ مناسب بوده است. زمان وجود دارد. امّا برای زمان، گذشته‌ای وجود ندارد که زمان از دل آن سر برآورد.

و بدین ترتیب است که کائنات ما از هیچ آغاز می‌شود.

تکینگی با یک تپ مستقل خیره‌کننده و در لحظه‌ای پُرشکوه و بس زودگذر و آنی و فراگیر که اندر بیان نگنجد، ابعادی آسمانی و فضایی خارج از حدود ادراک ما پیدا می‌کند. در نخستین ثانیهٔ سرشار از آفرینش (ثانیه‌ای که کیهان شناسان بسیاری، چندین دوره از زندگانی خود را وقف بریدن آن به صورت لایه‌های هرچه نازکتر خواهند کرد) جاذبه و نیروهای دیگری تولید می‌شوند که بر علم فیزیک غالب هستند. در کمتر از یک دقیقه، ابعاد کائنات یک میلیون میلیارد بار بزرگتر می‌شود و شتابان انبساط می‌یابد. در این لحظه، دمای کائنات بسیار زیاد می‌شود و به ده میلیارد درجه می‌رسد و برای آغاز واکنش‌های هسته‌ایِ ایجاد کنندهٔ عناصر سبک‌تر ـ عمدتاً هیدروژن و هلیوم و اندکی (در حدود یک اتم در هر صد میلیون) لیتیوم ـ کفایت می‌کند. در سه دقیقه ۹۸ درصد کل ماده‌ای که در کائنات وجود دارد یا وجود خواهد داشت تولید می‌شود. کائنات به وجود می‌آید. این کائنات، جایی است سرشار از شگفتی و امکانات

ارضا کننده و در عین‌حال زیبا. و تمامی این تغییرات در زمانی معادل زمان لازم برای آماده کردن یک ساندویچ رخ می‌دهند.

اینکه لحظهٔ مزبور کی رخ داد تا حدودی جای بحث دارد. کیهان‌شناسان از مدت‌ها پیش دربارهٔ این نکته با یکدیگر بحث و مجادله داشته‌اند که دریابند لحظهٔ آفرینش ۱۰ میلیارد سال پیش بوده است یا بیست میلیارد سال پیش یا نقطه‌ای در حد فاصل این دو. چنین به نظر می‌رسد که کم‌کم در مورد رقم ۱۳/۷ میلیارد سال به توافق نزدیک می‌شوند، اما اندازه‌گیری و تعیین زمان دقیق چنین چیزهایی، همچنان که در صفحات بعد خواهیم دید فوق‌العاده دشوار است. آنچه حقیقتاً در این مورد می‌توان گفت آن است که در نقطه‌ای نامعین در گذشته‌ای بس دور، به دلایل نامعلوم لحظه‌ای به وجود آمد که در علم با عبارت $t=0$ توصیف می‌شود. ما همچنان به راه خودمان ادامه می‌دهیم.

البته خیلی چیزها هست که ما چیزی درباره‌شان نمی‌دانیم و بخش بزرگی از آنچه را که تصور می‌کنیم چیزی درباره‌اش می‌دانیم عملاً نشناخته‌ایم یا تصور کرده‌ایم که از مدت‌ها قبل شناخته‌ایم. حتی نظریهٔ انفجار بزرگ نیز نظریه‌ای بسیار جدید است. این نظریه از حدود دههٔ ۱۹۲۰-۲۹ به بعد که نخستین‌بار به‌طور آزمایشی توسط ژرژ ادوار لومتر کشیش فیزیکدان و منجم بلژیکی مطرح شد، مورد توجه و بررسی بوده است اما تا اواسط دههٔ ۱۹۶۰-۶۹ که دو متخصص اخترشناسی رادیویی به کشفی خارق‌العاده و سهوی نایل آمدند هنوز به نظریه‌ای فعال در عرصهٔ کیهان‌شناسی تبدیل نشده بود.

این دو اخترشناس، آرنو پنزیاس و رابرت ویلسن نام داشتند. در سال ۱۹۶۵ آن‌ها می‌کوشیدند از یک آنتن مخابراتی عظیم متعلق به آزمایشگاه‌های شرکت بل هامدل واقع در ایالت نیوجرسی استفاده کنند اما یک صدای پس‌زمینهٔ پیوسته ــ صدای هیس یکسره و بخار مانند که هر کار آزمایشی را غیرممکن می‌ساخت ــ در کارشان اختلال ایجاد می‌کرد. این صدا بی وقفه و بدون تمرکز در نقطه‌ای خاص ادامه داشت. از هر گوشهٔ آسمان، شب و روز و در هر فصلی به گوش می‌رسید. اخترشناسان جوان، یک سال از عمرشان را صرف انواع کارهایی کردند که گمان می‌کردند به ردیابی و از میان بردن آن صدا خواهد انجامید. تک تک دستگاه‌های الکتریکی را آزمایش کردند. ابزارهای دقیق را از نو ساختند،

مدارها را آزمایش کردند، سیم‌ها و کابل‌ها را شُل و سفت کردند، پریزها را گردگیری کردند. از دیش بالا رفتند و تک تک درزها و پرچ‌ها را با نوار لوله‌ای پوشاندند. دوباره از دیش بالا رفتند، با جارو و فرچه به جانش افتادند و سطح آن را از وجود چیزهایی که بعدها در یک مقاله از آن با عبارت «مادهٔ سفید دی‌الکتریک» یا فضلهٔ پرندگان به زبان عوام نام بردند پاک کردند. هیچ یک از چاره‌هایی که اندیشیدند مؤثر واقع نشد.

بی آنکه این دو اطلاعی از آن داشته باشند، درست به فاصلهٔ ۴۸ کیلومتر در دانشگاه پرینستن، گروهی از دانشمندان به رهبری رابرت دایک، دست‌اندرکار تحقیق برای یافتن همان چیزی بودند که این دو می‌کوشیدند از شرش خلاص شوند. پژوهشگران دانشگاه پرینستن اندیشه‌ای را راهنمای خود قرارداده بودند که در دههٔ ۱۹۴۰-۴۹ توسط جورج گاموف، اخترفیزیکدان روس‌تبار پیشنهاد شده بود، با این مضمون که هرگاه به دقت در ژرفای فضا بنگرید متوجه نوعی تشعشع پس‌زمینهٔ کیهانی می‌شوید که از انفجار بزرگ بر جا مانده است. گاموف از محاسبات خود نتیجه گرفت که این تشعشع هرگاه از پهنای کیهان بگذرد به شکل ریزموج (مایکروویو) به کرهٔ زمین می‌رسد. او در یکی از مقالات پایانی عمرش حتی ساخت ابزاری را پیشنهاد کرده بود که احتمال می‌داد از عهدهٔ این کار برآید: آنتن بل در هامدل. متأسفانه نه پنزیاس و ویلسن مقالهٔ گاموف را مطالعه کرده بودند نه هیچ یک از دانشمندان عضو گروه دانشگاه پرینستن.

البته صدایی که پنزیاس و ویلسن می‌شنیدند صدایی بود که گاموف وجود آن را فرض کرده بود. آن‌ها توانسته بودند لبهٔ کائنات یا دست‌کم بخش مریی آن را در فاصله ۹۰ میلیارد تریلیون مایلی کشف کنند. آن‌ها نخستین فوتون‌ها ــ کهن‌ترین نور موجود در کائنات ــ را با آنکه بر اثر عامل زمان و مسافت به ریزموج (مایکروویو) تبدیل شده بودند، درست همان گونه که گاموف پیشنهاد کرده بود «می دیدند». الن گوت در کتاب کائنات گسترش‌یابنده، مقایسه‌ای انجام می دهد که به شناخت منطقی این دستاورد یاری می‌رساند. اگر نگریستن در ژرفای کائنات را همچون نگریستن به سطح خیابان از طبقهٔ صدم ساختمان امپایر استیب بیلدینگ در نظر بگیرید (که در آن طبقهٔ صدم نمایندهٔ زمان حال و سطح خیابان نمایندهٔ لحظهٔ انفجار بزرگ باشد)، در زمانی که کشف یاد شده توسط پنزیاس و ویلسن

صورت گرفت دورترین کهکشان‌هایی که دانشمندان تا آن زمان ردیابی کرده بودند تقریباً در طبقهٔ شصتم قرار داشتند، و دورترین اجسام ـ کواسارها ـ تقریباً به طبقهٔ بیستم رسیده بودند. کشف پنزیاس و ویلسن، آشنایی ما با کائنات مریی را به حدود نیم اینچی سطح خیابان رسانید.

پنزیاس و ویلسن که همچنان از علت آن صدا سر در نیاورده بودند، به دایک در دانشگاه پرینستن تلفن زدند و مشکل‌شان را برای او شرح دادند با این امید که او بتواند راه حلی برای آن پیدا کند. دایک بلافاصله متوجه شد که آن دو جوان چه چیزی را کشف کرده بودند. وقتی گوشی را روی تلفن گذاشت، رو کرد به همکارانش و گفت: «بسیار خوب، بچه‌ها، حالا برنده شده‌ایم».

اندکی پس از آن، دو مقاله در مجلهٔ اخترفیزیک انتشار یافت: یکی به قلم پنزیاس و ویلسن در تشریح تجربه‌ای که پس از شنیدن صدای هیس اندوخته بودند و دیگری به قلم اعضای گروه دایک در تشریح ماهیت آن هیس. پنزیاس و ویلسن گرچه در جستجوی تشعشعات پس‌زمینهٔ کیهانی نبودند، وقتی آن را یافتند نمی‌دانستند این تشعشعات چیستند، و در هیچ مقاله‌ای هم به توصیف یا تفسیر ماهیت آن نپرداخته بودند، جایزه نوبل ۱۹۷۸ در رشتهٔ فیزیک به ایشان اعطا شد. از پژوهشگران دانشگاه پرینستن فقط یک سپاسگزاری به عمل آمد. دنیس اووربای در کتاب قلب‌های تنهای کیهان می‌نویسد: «پنزیاس یا ویلسن بر روی هم چیزی دربارهٔ اهمیت کشفی که به عمل آورده بودند نمی‌دانستند تا آنکه توجه‌شان به مطالبی در روزنامهٔ نیویورک تایمز در آن مورد جلب شد.»

از قضا، اختلال ناشی از تشعشعات پس‌زمینهٔ کیهانی چیزی است که ما جملگی با وجود آن آشناییم. تلویزیون‌تان را روی هر یک از کانال‌هایی که دریافت نمی‌کند روشن کنید و همانجا نگهدارید، در حدود ۱ درصد الکتریسیتهٔ ساکن رقصانی که می‌بینید نتیجهٔ تأثیر این باقی ماندهٔ باستانی انفجار بزرگ است. دفعهٔ بعد که از پخش نشدن برنامهٔ تلویزیونی گله می‌کنید، به یاد داشته باشید که همیشه می‌توانید تولد کائنات را تماشا کنید.

***

گرچه همهٔ مردم آن را انفجار بزرگ می‌نامند، در بسیاری از کتاب‌ها هشدار داده می‌شود که آن را انفجار به معنی متعارف کلمه تلقی نکنیم. این پدیده، گسترشی بی‌کرانه و

ناگهانی در مقیاسی بس عظیم بود. راستی کدام علت باعث چنین انفجاری شد؟

در یک فرض گفته می‌شود احتمالاً تکینگی که باقیمانده‌ای از یک کائنات متلاشی شدهٔ پیشین بوده است ـ بدین معنی که ما فقط یکی از کائنات‌های موجود در چرخهٔ ابدی کائنات‌های گسترش یابنده و متلاشی شونده‌ایم، مانند کیسهٔ هوای روی یک دستگاه اکسیژن. برخی دیگر انفجار بزرگ را به چیزی نسبت می‌دهند که خودشان آن را «یک خلاء کاذب» یا «یک میدان عددی» یا «انرژی خلاء» می‌نامند ـ کیفیت یا چیزی که به هر حال موجب ایجاد مقداری ناپایداری در آن هیچی شد که وجود داشت. اینکه بتوان چیزی را از هیچ به دست آورد غیرممکن است، اما همین که زمانی هیچ چیزی وجود نداشت و اکنون یک کائنات وجود دارد دلیلی بر این مدعا است که چنین چیزی شدنی است. این امکان وجود دارد که کائنات ما صرفاً بخشی از چندین کائنات بزرگتر باشد، برخی با ابعاد متفاوت، و انفجارهای بزرگ نیز همواره در تمام این‌ها رخ داده‌اند. یا این احتمال می‌رود که زمان و مکان پیش از انفجار بزرگ، بر روی هم شکل‌های دیگری داشته‌اند ـ شکل‌هایی بس بیگانه‌تر از آنچه قابل تصور باشد ـ و انفجار بزرگ نیز نمایندهٔ نوعی مرحلهٔ انتقالی است که در آن کائنات از شکلی که برای ما غیرقابل درک است به شکلی تبدیل شود که برای‌مان تقریباً قابل درک می‌شود. دکتر آندرئی لیند کیهان‌شناس در دانشگاه استنفرد در سال ۲۰۰۱ به روزنامهٔ نیویورک تایمز چنین گفت: «این‌ها مسایلی بسیار نزدیک به مسایل مذهبی هستند.»

نظریهٔ انفجار بزرگ نه به موضوع انفجار بلکه به آن چیزهایی مربوط می‌شود که پس از انفجار رخ داده‌اند. البته نه خیلی پس از آن. دانشمندان پس از انجام محاسبات بی‌پایان و مشاهدهٔ دقیق فعل و انفعالات درون دستگاه‌های شتاب‌دهندهٔ ذرات به این نتیجه رسیده‌اند که می‌توانند به زمان $۱۰^{-۴۳}$ ثانیه پس از لحظهٔ آفرینش یعنی به زمانی برسند که در آن کائنات به قدری کوچک بود که برای پیدا کردن و مشاهده‌اش می‌بایست از یک میکروسکپ استفاده می‌کردیم. ما به محض مشاهدهٔ هر عدد خارق‌العاده‌ای که در برابرمان قرار می‌گیرد نباید کشته مردهٔ آن عدد شویم، اما اگر هر چند وقت یک بار روی یکی از آن‌ها انگشت بگذاریم شاید برای یادآوری گستردگی درک‌ناپذیر و حیرت‌آور آن‌ها به‌زحمت‌اش بیارزد. آن عدد $۱۰^{-۴۳}$ به این صورت نشان داده می‌شود:

۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱ یا یک ۱۰ میلیون تریلیون تریلیون تریلیونم یک ثانیه.[۱]

ما بخش دیگری از آنچه را که دربارهٔ نخستین لحظه‌های آفرینش کائنات می‌دانیم یا باور داریم که می‌دانیم، مدیون اندیشه‌ای هستیم که نظریهٔ انبساط نامیده می‌شود و نخستین بار در سال ۱۹۷۹ توسط الن گوت فیزیکدان ذرات مطرح شد. وی آن زمان در دانشگاه استنفرد بود و اکنون در دانشگاه MIT (انستیتوی فناوری ماساچوست) تدریس می‌کند. آن زمان سی و دو سال از عمرش گذشته بود و بنا به اذعان خودش پیش از آن هم کار چندانی انجام نداده بود. اگر تصادفاً در سخنرانی رابرت دایک در مورد انفجار بزرگ حضور نمی‌یافت به احتمال زیاد هیچ‌گاه صاحب نظریهٔ ارزشمند خود نمی‌شد. این سخنرانی، علاقه به کیهان‌شناسی و مخصوصاً علاقه به تولد کائنات را در گوت بیدار کرد.

نتیجهٔ نهایی این علاقه‌مندی، شکل‌گیری نظریهٔ انبساط بود که می‌گوید کائنات در کسری از یک لحظه پس از سپیده‌دمان آفرینش، دستخوش گسترشی ناگهانی و خارق‌العاده شد. کائنات منبسط شد، یعنی عملاً به همراه خودش سرعت گرفت، و ابعادش در هر $۱۰^{-۳۴}$ ثانیه دو برابر شد. کل این واقعه ممکن است چیزی بیش از $۱۰^{-۳۰}$ ــ یعنی یک میلیون

---

۱. چند کلمه دربارهٔ دستگاه علایم علمی: چون نوشتن اعداد بسیار بزرگ دشوار و خواندن آن‌ها تقریباً غیر ممکن است دانشمندان از یک روش تندنویسی شامل قوهٔ (یا مضرب) ۱۰ (ده) استفاده می‌کنند که در آن مثلاً عدد ۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ به صورت $۱۰^{۱۰}$ و عدد ۶,۵۰۰,۰۰۰ به صورت $۶/۵ \times ۱۰^{۶}$ نوشته می‌شود. این اصل، خیلی ساده بر مضرب‌های ۱۰ استوار است: ۱۰ × ۱۰ (یا ۱۰۰) می‌شود $۱۰^{۲}$؛ ۱۰×۱۰×۱۰ (یا ۱۰۰۰) می‌شود $۱۰^{۳}$؛ و الی آخر، به صورت واضح و تا بی‌نهایت. عدد توک کوچک به تعداد صفرهایی دلالت دارد که پس از عدد اصلی بزرگتر می‌آیند. دستگاه علایم منفی، اساساً به صورت تصویر آیینه‌ای روش بالا عمل می‌کند بدین معنی که عدد توک نمایندهٔ تعداد فضاهایی می‌شود که در سمت راست نقطهٔ اعشاری واقع خواهند شد (مثلاً $۱۰^{-۴}$ به معنی ۰/۰۰۰۱). گرچه من از این روش استقبال می‌کنم و از آن خوشم می‌آید ولی همچنان در شگفتم از اینکه چرا هر کسی به محض مشاهدهٔ «$۱/۴ \times ۱۰^{۹}$ $Km^3$» ناگهان تصور می‌کند که منظور از آن ۱/۴ میلیارد کیلومتر مکعب است، و هیچ شگفت‌آور نیست که می‌بینیم روش پیشین را بر روش اخیر در کارهای چاپی (بویژه در کتابی که برای عموم مردم نوشته می‌شود و این مثال نیز در آن یافت شد) ترجیح می‌دهند. با فرض اینکه بسیاری از خوانندگان عادی این کتاب نیز مانند من آشنایی چندانی با ریاضیات ندارند، من به ندرت از این دستگاه علامت نویسی استفاده خواهم کرد، گرچه گاهی نمی‌شود از آن اجتناب ورزید، به ویژه در فصلی که به مسایلی در مقیاس کیهانی اختصاص دارد.

میلیون میلیون میلیون میلیونیم ثانیه ــ به درازا نکشیده باشد، اما کائنات را از حالت چیزی که می‌شد در یک دست گرفت خارج ساخت و به چیزی دست‌کم ۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ بار بزرگتر تبدیل کرد. نظریه انبساط، امواج و گرداب‌هایی راکه وجود کائنات را ممکن می‌سازند تبیین می‌کند. بدون نظریهٔ انبساط، اثری از توده شدن ماده و در نتیجه از ستارگان در میان نخواهد بود، بلکه همه جا راگاز سرگردان و تاریکی ابدی فرا خواهد گرفت.

بر طبق نظریهٔ گوت، جاذبه در ده میلیونیم یک تریلیونیم یک تریلیونیم یک تریلیونیم ثانیه پدیدار گشت. پس از گذشت یک لحظهٔ خنده‌دار دیگر، الکترومغناطیس و نیروهای قوی و ضعیف هسته‌ای ــ جان‌مایهٔ علم فیزیک ــ بر آن افزوده شدند. با گذشت یک آن دیگر، گروه‌هایی از ذرات اولیه ــ جان‌مایهٔ ماده ــ به آن پیوستند. ناگهان و مطلقاً از هیچ، انبوهه‌هایی از فوتون‌ها، پروتون‌ها، الکترون‌ها، نوترون‌ها و بسیاری ذرات دیگر ــ بین $10^{79}$ و $10^{89}$ از هرکدام بر طبق نظریهٔ متعارف انفجار بزرگ ــ هستی یافتند.

البته مقادیری که در بالا بدان‌ها اشاره کردیم غیرقابل درک هستند. کافی است بدانیم که در یک آن پرشکوه، کائناتی پدید آمد که بیکرانه بود ــ یعنی بر طبق این نظریه، دست‌کم فاصلهٔ دو مرز آن یک‌صد میلیارد سال نوری بود، اما احتمالاً ابعادی در حد نامتناهی داشت ــ و از آرایش کامل برای آفریدن ستارگان، کهکشان‌ها و دیگر منظومه‌های پیچیده برخوردار بود.

آنچه از دیدگاه ما خارق‌العاده می‌نماید انتظام‌مند از کار درآمدن یک چنین کائناتی است. اگر شکل کائنات فقط به اندازهٔ نوک سوزن با شکل امروزی آن تفاوت پیدا می‌کرد ــ اگر جاذبه به اندازهٔ ناچیزی از جاذبهٔ کنونی کمتر یا بیشتر می‌شد، اگر سرعت گسترش کائنات فقط اندکی از سرعت گسترش آن لحظه‌ها کندتر یا تندتر می‌شد ــ در آن صورت می‌شد احتمال داد که هیچ‌گاه عناصر مادی پایدار برای تشکیل دادن موجوداتی چون من و شما یا خاکی که ما رویش زندگی می‌کنیم به وجود نمی‌آمدند. اگر جاذبه، ذره‌ای از آنچه هست قوی‌تر می‌شد این احتمال وجود داشت که خود کائنات همچون چادری که به غلط و بدون مقادیر مناسب و دقیقاً لازم برای دادن ابعاد و چگالی و قطعات تشکیل دهندهٔ مناسب به آن برپا

شده باشد، سقوط کند. اما اگر همین جاذبه اندکی ضعیف‌تر شده بود، هیچ چیزی با چیز دیگری ادغام یا به آن وصل نمی‌شد. کائنات، تا ابد به صورت یک خلاء تاریک و پراکنده باقی می‌ماند.

این یکی از همان دلایلی است که برخی از کارشناسان را به این باور رسانده است که احتمال می‌رود چندین انفجار بزرگ دیگر، شاید تریلیون‌ها تریلیون انفجار، در پهنهٔ بیکرانهٔ ابدیت رخ داده باشند و علت وجود و حضور ما در یک چنین کائنات خاص آن است که این همان کائناتی است که می‌توانستیم در آن زندگی کنیم. روزی ادوارد پ. تراین از دانشگاه کلمبیا چنین گفت: «در پاسخ به پرسش مربوط به علت وقوع انفجار بزرگ، من متواضعانه می‌گویم کائنات ما فقط یکی از آن چیزهایی است که هرچند گاه یک بار به وقوع می‌پیوندند.» گوت بر این سخن می‌افزاید: «گرچه آفرینش یک کائنات ممکن است بسیار ناممکن باشد، اما تراین بر این نکته اصرار داشت که هیچ کس کوشش‌های بی‌فرجام را شمارش نکرده است.»

مارتین ریس، اخترشناس دستگاه سلطنتی بریتانیا معتقد است که کائنات بسیاری، احتمالاً خارج از حد شمارش، هر یک با خصوصیات متفاوت و با ترکیب‌های متفاوت وجود دارند و ما صرفاً در کائناتی به سر می‌بریم که همه چیز را طوری در هم تلفیق می‌کند که امکان زنده ماندن به ما می‌دهد. او این پدیده را با یک فروشگاه بزرگ لباس مقایسه می‌کند: «اگر موجودی لباس‌های فروشگاه زیاد باشد از پیداکردن لباس به اندازهٔ خودتان در شگفت نخواهید شد. اگر تعداد کائنات زیاد و هر یک تابع مجموعهٔ متفاوتی از اعداد باشد، یک کائنات وجود خواهد داشت که در آن مجموعهٔ خاصی از اعداد برای حیات مناسب است. ما در همان یک کائنات هستیم.»

ریس معتقد است که شش عدد، بویژه بر کائنات ما غالب هستند و اگر هر یک از مقادیر فقط ذره‌ای تغییر پیدا می‌کرد، هیچ چیزی نمی‌توانست همان چیزی باشد که اکنون است. مثلاً برای آنکه کائنات به همان شکل کنونی‌اش وجود داشته باشد، لازم است که هیدروژن دقیقاً اما تا حدودی شکوهمندانه به هلیوم تبدیل شود ـ مخصوصاً به طریقی که بتواند هفت یکهزارم جرم خود را به انرژی تبدیل کند. کافی است این مقدار را اندکی کاهش دهید ـ مثلاً از ۰/۰۰۷ درصد به ۰/۰۰۶ درصد ـ تا دیگر هیچ تغییر شکلی امکان وقوع پیدا نکند: کائنات فقط از هیدروژن تشکیل می‌شود و نه چیزی دیگر. اگر این مقدار اندکی افزایش می‌یافت ـ مثلاً تا ۰/۰۰۸

درصد ــ نیروی اتصال چنان دامنه‌ای پیدا می‌کرد که هیدروژن خیلی پیش از اینها به پایان می‌رسید. در هر دو صورت، کوچکترین چرخش و تغییر در آن اعداد کافی بود تا کائناتی که ما می‌شناسیم و بدان نیاز داریم وجود نداشته باشد.

می‌خواهم بگویم تا اینجا همه چیز خوب پیش آمده است. در دراز مدت ممکن است معلوم شود که جاذبه اندکی زیاد قوی است و ممکن است روزی موجب توقف گسترش کائنات شود و کاری کند که کائنات بر روی خودش سقوط کند، تا آنکه متلاشی شود و تکینگی دیگری پدید آورد و احتمالاً کل آن فرآیند را از نو آغاز کند. از طرف دیگر، جاذبه ممکن است خیلی ضعیف باشد و کائنات تا ابد به فرار و گسترش پر شتاب خود ادامه دهد به طوری که هر آنچه در کائنات دیده می‌شود چنان از هم دور شوند و فاصله بگیرند که هیچ فرصتی برای اندرکنش‌های مادی پیش نیاید و کائنات به مکانی خنثی و مرده اما بسیار جادار تبدیل شود. گزینهٔ سوم آن است که جاذبه، درست به اندازه باشد ــ و بدین ترتیب، اجزای کائنات را چنان در ابعاد مناسب کنار هم نگه خواهد داشت که همه چیز تا بی‌نهایت امکان ادامه یافتن پیدا کند. کیهان شناسان، در گفتگوهای غیرتخصصی بین خودشان، این حالت را اثر گیسو طلایی (goldilocks effect) می‌نامند ــ بدین معنی که همه چیز بر وفق مراد است. (توجه داشته باشید که این سه کائنات ممکن، به ترتیب با عنوان‌های بسته، باز و تخت شناخته می‌شوند.)

اما پرسشی که در نقطه‌ای خاص برای همهٔ ما پیش آمده است: اگر بتوانیم تا لبهٔ کائنات به راه‌مان ادامه دهیم و به عبارت دیگر بتوانیم سرمان را از لای پرده‌ها بیرون کنیم، چه خواهد شد؟ اگر کائناتی در میان نباشد، آن سر در کجا خواهد بود؟ در پس آن پرده‌ها چه چیزی مشاهده خواهد شد؟ پاسخ چنین است که متأسفانه ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم خودمان را به لبهٔ کائنات برسانیم. نه به این دلیل که چنین کاری به زمانی طولانی نیاز دارد ــ که البته چنین است ــ بلکه به این علت که اگر ما به راه خود در یک خط مستقیم در جهت رسیدن به لبهٔ کائنات تا بی‌نهایت و سرسختانه ادامه دهیم، هیچ‌گاه به مرز خارجی یا لبهٔ کائنات نمی‌رسیم. به احتمال زیاد، دوباره به همان نقطهٔ آغاز خواهیم رسید (که در

همانجا نیز احتمالاً از نفس می‌افتیم و تسلیم می‌شویم). علت این نرسیدن نیز آن است که کائنات چنان انحنا بر می‌دارد که بر طبق نظریهٔ نسبیت اینشتین (که در جای خود به آن خواهیم پرداخت) ما نمی‌توانیم آن را به درستی مجسم کنیم. در اینجا فقط کافی است بدانیم که ما درون حبابی بزرگ و دایماً گسترش یابنده شناور نیستیم. بلکه فضا منحنی است، به شکلی که می‌تواند بی‌کرانه اما متناهی به نظر آید. حتی به درستی نمی‌توان گفت که فضا در حال گسترش است زیرا همچنان که استیون واینبرگ فیزیکدان و برندهٔ جایزهٔ نوبل گفته است: «منظومه‌های شمسی و کهکشان‌ها گسترش نمی‌یابند، و خود فضا نیز در حال گسترش نیست، بلکه کهکشان‌ها شتابان از یکدیگر می‌گریزند.» این حالت، تماماً چالشی است در برابر شهود. یا چنان که روزی از ج. ب. س. هالدین زیست‌شناس نامدار شنیده شد: «کائنات نه فقط عجیب‌تر از آن است که ما گمان می‌کنیم؛ بلکه عجیب‌تر از آن است که ما بتوانیم گمان کنیم.»

قیاسی که غالباً در تبیین انحنای فضا مطرح می‌شود آن است بکوشیم شخصی را که هرگز کره‌ای را مشاهده نکرده است مجسم کنیم که از کائناتی با سطوح تخت به کرهٔ زمین آورده شده است. او، صرفنظر از اینکه تا چه مسافاتی در سطح کرهٔ زمین پیش برود، هیچ‌گاه لبهٔ زمین را نخواهد یافت. سرانجام، ممکن است به همان نقطه‌ای برسد که از همانجا راه افتاده بود، و البته اصلاً سر در نخواهد آورد که چنین چیزی چگونه رخ داده است. می‌بینید، وضعیت ما نیز در فضا همانند وضعیت این موجود حیرت‌زده از کائنات سطوح تخت است، با این تفاوت که ما فقط از یک بُعد بزرگتر در حیرتیم.

درست همچنان که جایی وجود ندارد که بتوان لبهٔ کائنات را در آن یافت، هیچ جایی هم وجود ندارد که بتوان در مرکزش ایستاد و گفت: «این است آن جایی که همه چیز از آن آغاز شد. این جا مرکزی‌ترین نقطهٔ همه چیز است.» ما همگی مرکز آن چیزی هستیم که همه چیز از آن آغاز می‌شود. البته ما این را به یقین نمی‌دانیم؛ نمی‌توانیم آن را به طریق ریاضی اثبات کنیم. دانشمندان، فقط چنین فرض می‌کنند که ما در واقعیت نمی‌توانیم مرکز کائنات باشیم ــ به معنی ضمنی آن بیندیشید ــ بلکه این پدیده باید برای همهٔ ناظران در همهٔ نقاط یکسان باشد. این نیز عملاً بر ما روشن نشده است.

از دید ما کائنات فقط تا جایی ادامه دارد که نور میلیاردها سال پس از تشکیل کائنات بدان رسیده است. این کائنات مریی ـ کائناتی که ما می‌شناسیم و می‌توانیم از آن سخن بگوییم ـ به اندازهٔ یک میلیون میلیون میلیون میلیون (یعنی ۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) مایل با ما فاصله دارد. اما بر طبق بیشتر نظریه‌ها، کائنات به طور کلی ـ یا فرا کائنات، به گفتهٔ برخی از دانشمندان ـ به‌مراتب بزرگتر و جادارتر است. بر طبق نظر ریس، تعداد سال‌های نوری تا لبهٔ این کائنات بزرگتر و رؤیت نشده «نه با ده صفر، نه حتی با صد صفر، بلکه با میلیون‌ها صفر» نوشته می‌شود. کوتاه سخن آنکه در حال حاضر، فضای موجود بیش از آن است که بتوان بدون تحمل دشواری‌های مربوط به تجسم فضای اضافی پس از آن به تصور آورد.

سال‌های طولانی، در نظریهٔ انفجار بزرگ، یک حفرهٔ بزرگ وجود داشت که بسیاری از افراد را سردرگم می‌کرد ـ یعنی نمی‌توانستند به تبیین چگونگی پیدایش و رسیدن ما تا این نقطه بپردازند. با آنکه نزدیک به ۹۸ درصد از کل مادهٔ موجود همزمان با انفجار بزرگ آفریده شد، این ماده منحصراً از گازهای سبک تشکیل می‌شد: هلیوم، هیدروژن و لیتیوم که در صفحات قبل بدان‌ها اشاره کردیم. حتی یکی از ذرات مادهٔ سنگین و دارای نقش حیاتی در وجود خود ما ـ کربن، نیتروژن، اکسیژن، و تمام ذرات دیگر ـ از درون معجون گازی آفرینش به ظهور نرسید. اما ـ و مشکل همین جاست ـ برای درهم آمیختن این عناصر سنگین، به انرژی و حرارتی از نوع انرژی و حرارت انفجار بزرگ نیاز است. با این حال، فقط یک انفجار بزرگ رخ داده است، که آن نیز موجب تولید چنان عناصری نشد. پس این عناصر از کجا آمدند؟

جالب توجه اینجاست که دانشمندی که پاسخ این پرسش را یافت کیهان‌شناسی بود که از انفجار بزرگ به عنوان یک نظریه، با تمام وجودش بیزار بود و اصطلاح «انفجار بزرگ» را به حالتی کنایه‌آمیز و به قصد تمسخر آن نظریه ابداع کرد. در صفحات بعد به این کیهان‌شناس اشاره خواهیم کرد، اما پیش از پاسخ دادن به این پرسش که ما چگونه به نقطهٔ کنونی رسیده‌ایم، شاید بد نباشد چند دقیقه‌ای از وقت‌مان را به بررسی این موضوع اختصاص دهیم که منظور از «اینجا» یا «این نقطه» دقیقاً چیست.

# ۲ به منظومهٔ شمسی خوش آمدید

این روزها اخترشناسان می‌توانند به شگفت‌آورترین کارها دست بزنند. اگر کسی در کرهٔ ماه کبریتی روشن کند، آن‌ها می‌تواند محل شعله را تعیین کنند. از میان انبوه ریزترین ستارگان تپنده می‌توانند به اندازه و ماهیت و حتی قابلیت سکونت احتمالی این سیارات که به علت دوری مسافت‌شان از زمین دیده نمی‌شوند پی‌ببرند ـ سیاراتی که رسیدن به آن‌ها در یک سفینهٔ فضایی به نیم میلیون سال زمان نیاز دارد. آن‌ها به کمک تلسکوپ‌های رادیویی خود می‌توانند رشته‌های تشعشعات چنان ضعیفی را دریافت کنند که به گفتهٔ کارل ساگان کل انرژی گردآوری شده از خارج از منظومهٔ شمسی توسط تمام آن‌ها بر روی هم و از زمان آغاز گردآوری (در سال ۱۹۵۱) «از انرژی یک دانه برفی که به زمین اصابت می‌کند کمتر» است.

به عبارت مختصر، در کائنات تحولات چندان بزرگی رخ نمی‌دهد که اخترشناسان، اگر اراده کنند نتوانند آن‌ها را پیدا کنند. به همین علت، جالب توجه است که بدانیم تا سال ۱۹۷۸ کسی متوجه نشده بود که سیاره پلوتون دارای یک قمر است. در تابستان آن سال، یک اخترشناس جوان به نام جیمز کریستی در رصدخانهٔ نیروی دریایی آمریکا در فلگستاف ایالت آریزونا، دست اندرکار آزمایشی روزمره با تصویرهای عکسبرداری شده از پلوتون بود که متوجه چیزی در آن‌ها شد ـ چیزی تیره و نامشخص اما قطعاً چیزی غیر از خود پلوتون. کریستی پس از مشورت با یکی از همکارانش به نام رابرت هرینگتن به این نتیجه رسید که آنچه در تصویرهای مذکور دیده می‌شود یک قمر است. ولی نه مانند هر قمر دیگر. در مقایسه با خود سیاره، بزرگترین قمر موجود در منظومهٔ شمسی بود.

این کشف، عملاً حکم ضربه‌ای را داشت که بر وضعیت پلوتون وارد شده باشد، چون این سیاره تا آن زمان به عنوان سیاره‌ای خیلی صحیح و سالم شناخته نشده بود. از آنجا که قبلاً فضای اشغال شده توسط آن قمر و فضای اشغال شده توسط پلوتون یک فضای واحد تصور می‌شدند، بدین معنی بود که سیارهٔ پلوتون خیلی کوچک‌تر از آن است که تا آن زمان فرض می‌شد ـ حتی کوچک‌تر از سیارهٔ تیر. به عبارت دقیق‌تر، حتی قمرهای منظومه شمسی، از جمله قمر کرهٔ زمین از آن بزرگترند.

پرسشی که طبیعتاً در اینجا پیش می‌آید آن است که چرا کشف وجود یک قمر در منظومهٔ شمسیِ خود ما این همه طولانی شد. در پاسخ باید گفت که این تا حدودی به نقطه‌ای بستگی دارد که اخترشناس‌ها ابزارهای خود را به سوی آن نشانه می‌روند و تا حدودی هم به اینکه ابزارهای ایشان برای چه کارهایی و ردیابی چه هدف‌هایی طراحی شده‌اند، و تا حدودی نیز به خود پلوتون بستگی دارد. در اغلب موارد به نقطه‌ای بستگی دارد که اخترشناسان ابزارهای‌شان را به سوی آن نشانه می‌روند. به گفتهٔ کلارک چپمن اخترشناس: «اغلب مردم گمان می‌کنند اخترشناس‌ها شب هنگام از رصدخانه‌ها بیرون می‌آیند و به کاوش در آسمان می‌پردازند. چنین نیست. تقریباً تمام تلسکوپ‌هایی که ما در سراسر جهان در اختیار داریم برای دقیق نگریستن در پهنه‌های بسیار کوچکی از آسمان دوردست و مشاهدهٔ یک کواسار یا صید سیاهچاله‌ها یا مشاهدهٔ کهکشانی دوردست طراحی شده‌اند. تنها شبکهٔ واقعی تلسکوپ‌هایی که برای کاوش در آسمان‌ها به کار گرفته می‌شوند توسط ارتش آمریکا طراحی و ساخته شده است.»

ما بر اثر کارهای نقاشان برای مجسم کردن وضوح تفکیکی که اصولاً در اخترشناسی واقعی وجود ندارد بدنام شده‌ایم. پلوتون در عکس‌های کریستی بسیار کم رنگ و نامشخص ـ مانند یک تکه تنزیب کیهانی ـ است و قمر و پلوتون نیز هیچ شباهتی به آن کرهٔ قرینه‌ای ندارد که در فلان پردهٔ نقاشی شده برای مجلهٔ نشنال جئوگرافیک با تاباندن نوری رؤیایی از پشت و خطوط کناری خشک نشان داده می‌شود، بلکه فقط نشانه‌ای کوچک و بی‌نهایت نامشخص از یک تیرگی اضافی است. به بیان دیگر، تیرگی و نامشخصی به قدری زیاد بود که دوباره پیدا کردن مکان قمر پلوتون و تأیید مستقلانهٔ وجود آن توسط شخصی دیگر هفت سال طول کشید.

یک نکتهٔ جالب در کشف کریستی آن بود که این کشف در شهر فلگستاف

(ایالت آریزونا) رخ داد، زیرا در سال ۱۹۳۰ در همین‌جا بود که پلوتون بار اول کشف شد. افتخار این رویداد دوران‌ساز در اخترشناسی، عمدتاً به نام پرسیوال لاول ثبت شد. لاول که یکی از کهن‌ترین و ثروتمندترین خانواده‌های شهر باستن بود (خانواده‌ای که در تصنیف معروف مربوط به باستن گفته می‌شود این شهر مأمن غریبه‌ها است و در آن لاول‌ها فقط با کابوت‌ها حرف می‌زنند، و کابوت‌ها هم فقط با خدا حرف می‌زنند) رصدخانهٔ معروفی را که به نام خود اوست به آن شهر هدیه کرد. اما آنچه نام او را بیش از هر عاملی فراموش نشدنی کرد، این نظریهٔ او بود که می‌گفت سطح مریخ پوشیده از کانال‌هایی است که مریخی‌های خستگی‌ناپذیر برای انتقال آب از مناطق قطبی به سرزمین‌های خشک ولی حاصلخیز و نزدیک‌تر به خط استوا حفر کرده‌اند.

یک عقیدهٔ دیگر لاول این بود که می‌گفت در نقطه‌ای خارج از نپتون، یک سیارهٔ نهم به نام سیارهٔ X وجود دارد که هنوز کشف نشده است. لاول این عقیدهٔ خود را بر شالودهٔ بی‌نظمی‌هایی قرارداد که در مدارهای اورانوس و نپتون کشف کرده بود، و آخرین سال‌های عمرش را نیز صرف تلاش برای یافتن غولی گازی کرد که بی‌هیچ تردیدی تصور می‌کرد در همان حول و حوش وجود داشته باشد. متأسفانه او ناگهان در سال ۱۹۱۶ و در حالی که تا اندازه‌ای از تلاش‌های خود خسته شده بود چشم از جهان فروبست. در سال‌های پس از مرگ لاول، وارثانش بر سر تقسیم ارث و میراث او با هم اختلاف پیدا کردند، و بدین ترتیب تلاش برای یافتن آن غول گازی به بوتهٔ فراموشی سپرده شد. لیکن در سال ۱۹۲۹ مدیران رصدخانهٔ لاول، تا حدودی برای منحرف کردن توجه مردم از افسانهٔ کانال‌های مریخ (که در آن سال‌ها به مسأله‌ای نگران کننده تبدیل شده بود)، تصمیم گرفتند تحقیقات را از سر بگیرند و بدین منظور یک پژوهندهٔ جوان را از کانساس به استخدام درآوردند که کلاید تامبو نام داشت.

تامبو هیچ‌گاه سابقهٔ آموزش رسمی به عنوان یک اخترشناس نداشت، اما بسیار کوشا و هوشمند بود و پس از یک سال پژوهش شکیبانه توانست مکان پلوتون را به نحوی پیدا کند که همچون نقطه‌ای کم نور در گنبد پُرستاره بود. این، کشفی معجزه‌آسا بود و آن‌چه بر جذابیت آن می‌افزود این بود که معلوم شد رصدگیری‌هایی که لاول بر اساس آن‌ها وجود سیاره‌ای را در ردیفی پس از نپتون

پیشگویی کرده بود سراپا نادرست بوده است. تامبو در یک آن توانست ببیند که این سیارهٔ جدید هیچ شباهتی به آن غول گازی مفروض لاول ندارد، اما تمام نظرات او و دیگران دربارهٔ خصوصیات سیارهٔ جدید خیلی زود و در گرماگرم شور و شعف ملازم هر داستان مربوط به کشفیات جدید در آن عصر هیجانات زودگذر به فراموشی سپرده شد. این نخستین سیاره‌ای بود که به دست یک آمریکایی کشف می‌شد و قرار نبود کسی هم از طرح این نکته که سیارهٔ مزبور چیزی جز یک نقطهٔ یخ‌زدهٔ دور افتاده در منظومهٔ شمسی نیست دچار آشفتگی و پریشان اندیشی شود. نام سیاره را به این دلیل پلوتون نهادند که دست کم دو حرف اول این واژه در ابتدای نام و نام خانوادگی لاول وجود داشتند. از لاول پس از مرگش در همه جا به عنوان یک نابغهٔ تراز اول ستایش به عمل آمد، و از تامبو جز در میان اخترشناسان منظومهٔ شمسی که معمولاً از او به نیکی و با احترام یاد می‌کنند، دیگر نامی به میان نیامد.

هنوز تعداد انگشت‌شماری از اخترشناسان گمان می‌کنند که یک سیارهٔ X در دور دست‌ها وجود دارد ـ هیولایی واقعی، احتمالاً بیش از ده برابر بزرگی مشتری، اما به قدری دور از ما که برای ما قابل رؤیت نیست. (نوری که از خورشید به این سیاره می‌رسد به قدری اندک است که تقریباً هیچ مقداری از آن به خارج منعکس نمی‌شود.) گفته می‌شود این سیاره، سیاره‌ای عادی مانند مشتری یا زحل نیست ـ از این جهت، خیلی دورتر از آن‌ها واقع شده است؛ در اینجا از یک فاصلهٔ احتمالاً ۴/۵ تریلیون مایلی سخن می‌گوییم ـ بلکه بیشتر به خورشیدی شباهت دارد که هیچ‌گاه عملاً نوری از خود منعکس نکرد. اغلب منظومه‌های ستارگان کیهانی، دوتایی (ستارگان مزدوج) هستند که همین باعث می‌شود خورشید ما تا حدودی عجیب و غریب به نظر برسد.

اما در مورد خود پلوتون، هیچ کس به یقین نمی‌داند که بزرگی آن چقدر است، از چه موادی ساخته شده است، چه اتمسفری دارد، یا حتی اصولاً چیست. بسیاری از اخترشناسان اصولاً پلوتون را در ردیف سیاره به شمار نمی‌آورند بلکه آن را بزرگترین شیئی می‌دانند که تاکنون در منطقهٔ زباله‌های کهکشانی، معروف به کمربند کویپر (Kuiper) یافت شده است. وجود کمربند کویپر عملاً در سال ۱۹۳۰ توسط یک اخترشناس به نام ف.ک. لئونارد به صورت

نظریه مطرح شد، اما نام‌گذاری این نظریه به شکل فوق به افتخار خرارت کویپر هلندی شاغل در آمریکا انجام شده است که موجب گسترش دامنه‌های آن شد. کمربند کویپر، منبع پیدایش ستاره‌های دنباله‌دار کوته عمری است که غالباً وارد جوّ زمین می‌شوند و از آن عبور می‌کنند، و معروفترین‌شان ستارهٔ دنباله‌دار هالی است. ستاره‌های دنباله‌دار دور افتاده‌تر با عمر طولانی (که از جدیدترین‌شان می‌توان به ستاره‌های دنباله‌دار هاله ـ باپ و هیاکوتاکه اشاره کرد) از ابری دور دست‌تر به نام اورت (Oort) سرچشمه می‌گیرند.

اینکه گفته می‌شود پلوتون رفتاری چندان مشابه سیارات دیگر ندارد، بدون تردید صحت دارد. پلوتون نه فقط بسیار کوچک و کدر است بلکه چنان حرکات متغیری دارد که هیچ کس دقیقاً به شما نخواهد گفت که این سیاره تا یک سدهٔ بعد در چه نقطه‌ای قرار خواهد گرفت. در حالی که سیارات دیگر کم و بیش در یک سطح به گردش‌های مداری خود ادامه می‌دهند، مسیر مدار پلوتون (همچنان که می‌دانیم) با یک زاویهٔ هفده درجه‌ای منحرف می‌شود، مانند لبهٔ کلاهی که یکبری روی سر کسی از مسیر خود خارج و روبه پایین خم شده باشد. مدار پلوتون به قدری نامنظم است که فاصله‌اش تا زمین در هر یک از مدارهای حرکت‌اش به گرد خورشید، مدت‌های طولانی از فاصلهٔ نپتون تا زمین کوتاه‌تر می‌شود. سیارهٔ نپتون در بخش بزرگی از دهه‌های ۱۹۸۰-۸۹ و ۱۹۹۰-۹۹، عملاً دور افتاده‌ترین سیارهٔ منظومهٔ شمسی به شمار می‌رفت. فقط در روز ۱۱ فوریهٔ ۱۹۹۹ بود که پلوتون به مسیر خارجی خود بازگشت و تا ۲۲۸ سال آینده همچنان در این مسیر خواهد بود.

بنابراین، اگر پلوتون حقیقتاً یک سیاره است، بدون تردید سیاره‌ای خارق‌العاده است. خیلی کوچک است: درست به اندازهٔ یک چهارم یک درصد بزرگی کرهٔ زمین. اگر پلوتون را روی کشور ایالات متحد آمریکا قرار دهید کمتر از نیمی از مساحت چهل و هشت ایالت جنوبی را می‌پوشاند. همین کوچکی، آن را به سیاره‌ای فوق نابهنجار تبدیل می‌کند؛ بدین معنی که منظومهٔ شمسی ما از چهار سیارهٔ سنگی نزدیک به زمین، چهار سیارهٔ گازی نزدیک به مدارهای خارجی، و یک گوی کوچک وتنهای یخی تشکیل می‌شود. از این گذشته، به دلایل بسیاری، می‌توان چنین فرض کرد که در آینده‌ای بس نزدیک، بشر ممکن است کرات یخی

دیگری در همان بخش از فضا کشف کند که حتی از پلوتون بزرگتر باشند. در اینجا است که با مشکلات تازه‌ای مواجه خواهیم شد. پس از آنکه کریستی مسیر قمر پلوتون را شناسایی کرد، اخترشناسان تدریجاً آن بخش از کیهان را با دقت بیشتری زیر نظر گرفتند و از اوایل دسامبر ۲۰۰۲ به بعد بیش از ششصد شیء ماورای نپتون دیگر یا به عبارت دیگر ششصد شیء پلوتینو کشف کرده‌اند. یکی از این اشیاء که وارونا نامیده می‌شود، حجمی تقریباً برابر با حجم قمر پلوتون دارد. امروزه اخترشناسان معتقدند که تعداد این گونه اشیاء ممکن است به چند میلیارد برسد. مشکل در اینجا است که بسیاری از آن‌ها بی‌نهایت تاریکند. در اغلب موارد، آن‌ها آلبدو یا بازتابشی معادل چهار درصد یعنی معادل بازتابش یک تکه زغال دارند ــ که البته این تکه زغال‌ها در فاصلهٔ تقریبی چهار میلیارد مایل از ما قرار گرفته‌اند.

و راستی، منظومهٔ شمسی تا کجا ادامه دارد؟ تقریباً در تصور نمی‌گنجد. می‌دانید فضا بی‌کرانِ بی کران است. محض تمرین و آموزش، بیایید فرض کنیم که قرار است بر سفینه‌ای فضایی بنشینیم و به سفری فضایی برویم. خیلی از زمین دور نخواهیم شد ــ فقط تا لبهٔ منظومهٔ شمسی خودمان خواهیم رفت ــ اما قبلاً باید بدانیم فضا چه جای بزرگی است و ما چه بخش کوچکی از آن را اشغال می‌کنیم.

اما خبر نگران کننده آن است که ما برای شام خوردن به خانه نخواهیم رسید. برای رسیدن به سیارهٔ پلوتون، حتی با سرعت نور، هفت ساعت زمان نیاز داریم. البته ما به هیچ‌وجه نمی‌توانیم با چنین سرعتی حرکت کنیم. مجبور خواهیم شد با سرعت یک سفینهٔ فضایی حرکت کنیم، که این گونه سرعت‌ها نیز دست و پا گیر می‌شوند. بهترین سرعت‌های به‌دست آمده برای انواع اشیای ساخت بشر تا این تاریخ، سرعت‌های سفینه‌هایی فضایی وویجر ۱ و وویجر ۲ بوده است که در حال حاضر با سرعتی معادل تقریباً سی و پنج هزار مایل در ساعت از ما دور می‌شوند.

علت پرتاب سفینه‌های وویجر در آن زمان‌ها (ماه‌های اوت و سپتامبر ۱۹۷۷) این بود که سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس، و نپتون چنان در یک

مسیر قرار گرفته بودند که در هر ۱۷۵ سال یک بار رخ می‌دهد. این وضعیت به سفینه‌های وویجر امکان داد تا از روش «کمک نیروی ثقل» برخوردار شوند، بدین معنی که مسئولان پرواز، این سفینه‌ها را به نوبت و با استفاده از نسخهٔ کیهانی «فلاخن» یا «شلاق»، از یک غول گازی به غول گازی دیگر پرتاب کردند. حتی در این حالت، سفینه‌ها پس از ۹ سال به اورانوس رسیدند و پس از ۱۲ سال از مدار نپتون گذشتند. خبر خوش هم این است که اگر تا ژانویهٔ سال ۲۰۰۶ منتظر بمانیم، یعنی زمانی که قرار است سفینهٔ سازمان ناسا به نام نیوهورایزنز *(New Horizons)* به صورت آزمایشی به سوی پلوتون پرتاب شود، می‌توانیم از وضعیت استقرار مناسب سیارهٔ مشتری همراه مختصر پیشرفتی در فناوری استفاده کنیم و در مدتی نزدیک به ۱۰ سال یا اندکی طولانی‌تر به پلوتون برسیم ـ هرچند بازگشت به زمین به زمانی نسبتاً طولانی‌تر نیاز خواهد داشت. در هر صورت، سفری بس طولانی خواهد بود.

اما اکنون نخستین چیزی که شما به احتمال قوی تشخیص می‌دهید آن است که فضا بی‌نهایت خوب نام‌گذاری شده است و تا حد نومید کننده‌ای یکنواخت و بی‌حادثه است. منظومهٔ شمسی ما ممکن است زنده‌ترین منظومه تا تریلیون‌ها مایل باشد، اما تمام چیزهای مریی آن ـ خورشید، سیارات، و سایر قمرها به اضافهٔ میلیاردها تکه سنگ پر تلاطم کمربندهای سیارک‌ها، ستاره‌های دنباله‌دار، و دیگر ریزه ـ آوارهای سرگردان گوناگون ـ کمتر از یک تریلیونیم فضای موجود را اشغال می‌کنند. شما همچنین خیلی زود در می‌یابید هیچ یک از نقشه‌هایی که تا کنون از منظومهٔ شمسی دیده‌اید از یک چنین فاصله‌ای نمی‌توانسته است با مقیاس صحیح ترسیم شده باشد. در اغلب نقشه‌های چاپ شده در کتاب‌های درسی، سیاره‌ها را طوری نشان می‌دهند که گویی با فواصل اندکی از یکدیگر، پشت سر هم قرار می‌گیرند ـ سایهٔ غول‌های نزدیک به لبهٔ خارجی منظومه، عملاً در بسیاری از تصاویر روی هم می‌افتد ـ اما نشان دادن همهٔ آن‌ها بر روی یک صفحه، یک حقهٔ ضروری و اجباری است. در حقیقت سیارهٔ نپتون نه تنها در فاصله‌ای اندک از مشتری قرار نمی‌گیرد بلکه خیلی دورتر از آن قرار دارد ـ فاصلهٔ آن تا مشتری پنج برابر فاصلهٔ مشتری تا زمین است، چنان دور که نور دریافتی آن از خورشید فقط ۳ درصد نوری است که مشتری دریافت می‌کند.

به عبارت دقیق‌تر، فاصله‌ها به قدری زیادند که عملاً هیچ راهی برای ترسیم منظومهٔ شمسی با مقیاس واقعی وجود ندارد. حتی اگر انبوهی از صفحات تاشدنی به کتاب‌های درسی افزوده شود یا از یک صفحه پوستر خیلی طولانی بدان منظور استفاده شود نیز نمی‌توان به مقیاس واقعی نزدیک شد. در نقشه‌ای از منظومهٔ شمسی با مقیاس واقعی که در آن قطر کرهٔ زمین به اندازهٔ قطر یک نخود کوچک می‌شود، فاصلهٔ مشتری از زمین از هزار فوت بیشتر می‌شود و پلوتون در فاصلهٔ یک و نیم مایلی ما قرار می‌گیرد (و اندازه‌اش معادل اندازهٔ یک باکتری می‌شود، بنابراین، شما به هیچ‌وجه قادر به دیدنش نخواهید بود). بر همین مقیاس، قنطوروس پروکسیما (Proxima Centauri) یا نزدیک‌ترین ستاره به زمین، در فاصلهٔ تقریباً ده هزار مایلی ما قرار می‌گیرد. حتی اگر همه چیز را طوری منقبض کنید که مشتری به اندازهٔ نقطهٔ انتهای این جمله کوچک شود، و بزرگی پلوتون نیز از بزرگی یک مولکول فراتر نرود، پلوتون باز هم در فاصلهٔ بیش از سی و پنج هزار مایلی زمین واقع می‌شود.

بدین ترتیب، دیده می‌شود که منظومهٔ شمسی به راستی منظومه‌ای بی‌کرانه است. زمانی که ما به سیارهٔ پلوتون برسیم به قدری از خورشید ــ این خورشید دوست داشتنی، گرم، پوست‌نواز و زندگی‌بخش ــ دور می‌شویم که آن را به اندازهٔ یک ته سنجاق خواهیم دید. در این حالت، نور خورشید فقط اندکی از نور یک ستارهٔ درخشان بیشتر است. در یک چنین خلاء تنهایی، کم کم در می‌یابید که چگونه، حتی مهم‌ترین چیزها ــ مانند قمرِ پلوتون ــ از دید ما پنهان مانده‌اند. از این لحاظ، پلوتون آنقدرها تنها نبوده است. تا پیش از پرواز سفینه‌های وویجر چنین تصور می‌شد که نپتون دو ماه دارد؛ ولی وویجر توانست شش ماه دیگر هم در اطراف نپتون کشف کند. در سال‌هایی که من به مدرسه می‌رفتم، تصور بر این بود که منظومهٔ شمسی دارای ۳۰ قمر است. حداقل تعداد قمرهای منظومهٔ شمسی در حال حاضر به نود رسیده است، و یک سوم این تعداد نیز فقط در ده سال گذشته کشف شده‌اند.

البته نکته‌ای که در اینجا باید یادآور شویم آن است که هنگام بررسی کائنات به طور کلی، ما نمی‌دانیم که در این منظومهٔ شمسی خودمان واقعاً چه چیزهایی وجود دارد.

اما نکتهٔ دیگری که همزمان با عبور پُرشتاب ما از کنار پلوتون درخواهید یافت این است که بر شتاب ما افزوده می‌شود. اگر به برنامهٔ سفرتان نگاه کنید متوجه می‌شوید که ما در سفری تا لبهٔ منظومهٔ شمسی می‌رویم، ولی هنوز به آن نرسیده‌ایم. پلوتون می‌تواند آخرین سیارهٔ علامت‌گذاری شده در نقشه‌های درسی و مدرسه‌ای باشد اما منظومهٔ شمسی در آنجا به پایان نمی‌رسد. به بیان دقیق‌تر، مدار پلوتون را حتی نمی‌توان در نزدیکی انتهای منظومهٔ شمسی تلقی کرد. تا زمانی که از میان ابر اورت نگذشته‌ایم به لبهٔ منظومهٔ شمسی نخواهیم رسید. ابر اورت، قلمرو پهناوری سرشار از ستاره‌های دنباله‌دار سرگردان در آسمان است که متأسفانه باید بگویم تا یک دورهٔ ده هزار سالهٔ دیگر به ابر اورت نخواهیم رسید. بر خلاف آنچه در نقشه‌های غیردقیق مدرسه‌ای دیده می‌شود سیارهٔ پلوتون نه فقط در لبهٔ خارجی منظومهٔ شمسی قرار ندارد بلکه در نقطه‌ای برابر با یک پنجاه هزارم راه رسیدن به آن لبه واقع شده است.

البته احتمال چنین سفری برای ما در آینده اصولاً مطرح نیست. سفری ۲۴۰,۰۰۰ مایلی به کرهٔ ماه، کاری بس بزرگ برای ما انسان‌ها به شمار می‌رود. فرستادن سفینهٔ سرنشین‌دار به مریخ که توسط بوش پدر (رییس جمهور آمریکا) در لحظه‌ای همراه با سرگیجه مطرح شد، وقتی معلوم شد که چنین کاری ۴۵۰ میلیارد دلار هزینه خواهد داشت و احتمالاً به مرگ تمام سرنشینان خواهد انجامید (DNAی آن‌ها بر اثر ذرات خورشیدی با انرژی بالا از هم می‌پاشد و امکان در امان نگه داشتن‌شان در برابر چنین ذراتی وجود ندارد) بی سر و صدا کنار گذاشته شد.

بر اساس دانش کنونی ما و آنچه منطقاً متصور است، مطلقاً هیچ چشم‌اندازی ــ به‌علامت دوریِ خارج از حد تصور این راه ــ وجود ندارد که نوع بشر بتواند روزی به لبهٔ خارجی منظومه شمسی برسد. در وضعیت کنونی، با استفاده از تلسکوپ هابل نیز نمی‌توانیم حتی درون ابر اورت را ببینیم، به همین علت عملاً نمی‌دانیم که این ابر وجود دارد یا نه. بعید نیست که ابر اورت وجود داشته باشد، اما خود این ابر چیزی تماماً فرضی است.*

---

* نام کامل و درست آن «ابر اوپیک ـ اورت» است و وجودش در سال ۱۹۳۲ توسط Ernst Öpik اخترشناس استونیایی فرض شد و Jan Oort اخترشناس هلندی نیز هیجده سال پس از او بر دقت محاسبات او افزود.

تقریباً کل آن چیزی که می‌توان با اطمینان دربارهٔ ابر اورت گفت این است که این ابر در نقطه‌ای پس از پلوتون آغاز می‌شود و در منطقه‌ای به وسعت دو سال نوری در کیهان گسترش می‌یابد. واحد پایه برای اندازه‌گیری در منظومهٔ شمسی، واحد نجومی (یا AU) است که معادل فاصلهٔ خورشید تا کرهٔ زمین است. پلوتون در حدود چهل واحد نجومی، و هستهٔ مرکزی ابر اورت در حدود پنجاه هزار واحد نجومی از زمین فاصله دارد. در یک کلام، خیلی دور است.

اما یک‌بار دیگر بیایید فرض کنیم که توانسته‌ایم خودمان را به درون ابر اورت برسانیم. نخستین چیزی که ممکن است توجه ما را به خود جلب کند این است که اوضاع داخلی ابر اورت خیلی آرام است. در آنجا، ما به قدری از همه‌جا و حتی از خورشید خودمان فاصله گرفته‌ایم که حتی خورشید، دیگر درخشان‌ترین ستارهٔ آسمان به نظر نمی‌آید. فکر دیگری که توجه ما را به خود جلب می‌کند این است که آن ستارهٔ چشمک‌زن کوچک چنان نیروی جاذبه‌ای دارد که می‌تواند تمام این ستاره‌های دنباله‌دار را در جای خود نگه دارد. پیوند بین ستاره‌های دنباله‌دار خیلی قوی نیست، به همین علت است که می‌توانند به طرزی شکوهمندانه و با سرعتی در حدود ۲۲۰ مایل در ساعت حرکت کنند. هر از گاه، یکی از این ستاره‌های دنباله‌دار تنها بر اثر یک ضربهٔ تند و ناگهانی ــ مثلاً ستاره‌ای که از نزدیکی آن‌ها عبور می‌کند ــ از مدار خود به خارج پرتاب می‌شود. گاهی بر اثر این حرکت به درون خلاء کیهانی وارد می‌شوند و از آن پس دیگر هیچ‌گاه دیده نمی‌شوند، اما گاهی هم به درون مداری طولانی به گرد خورشید می‌افتند. هر سال در حدود سه یا چهار ستاره از آن وارد بخش میانی منظومهٔ شمسی می‌شوند و از آن می‌گذرند. این ستاره‌ها را ستاره‌های دنباله‌دار بلندمدت می‌نامند. این میهمانان سرگردان، گاهی نیز ممکن است به چیزی صُلب مثل کرهٔ زمین اصابت کنند. به همین علت است که ما اکنون به اینجا رسیده‌ایم ــ زیرا ستارهٔ دنباله‌داری که برای دیدنش آمده‌ایم تازه سقوط طولانی خود را به سوی مرکز منظومهٔ شمسی آغاز کرده است. از میان نقاط گوناگون در سطح کرهٔ زمین، شهر مانسن در ایالت آیووا را نشانه گرفته است. رسیدن به آنجا به مدت زمانی بس طولانی نیاز خواهد داشت ــ دست کم سه یا چهار میلیون سال ــ به همین علت، فعلاً با آن خداحافظی می‌کنیم و بعدها پس از مدت‌های طولانی در مسیر

داستان‌مان به سراغش خواهیم رفت.

چنین است منظومهٔ شمسی ما. راستی، در آن سوی منظومهٔ شمسی چه چیزهایی وجود دارند؟ پاسخ: هیچ، و خیلی چیزها، برحسب اینکه ما چگونه به آن نگاه کنیم.

در کوتاه مدت، هیچ چیزی وجود ندارد. کامل‌ترین خلایی که تاکنون بشر بدان دست یافته، به اندازه خلاء موجود در فضای میان ستاره‌ای خالی نیست. و تا رسیدن به چیز بعدی، مقدار زیادی از این هیچی وجود دارد. نزدیکترین همسایهٔ ما در کیهان، یعنی ستارهٔ قنطوروس پروکسیما و بخشی از خوشهٔ سه ستاره‌ای معروف به آلفای قنطوروس، در حدود ۴/۳ سال نوری با زمین فاصله دارد که به معنی پرسشی بچگانه به زبان کهکشانی است، اما همین نیز در مقایسه با سفر به کرهٔ ماه، یک میلیون برابر دورتر است. برای رسیدن به آن به کمک یک سفینهٔ فضایی، دست کم بیست و پنج هزار سال باید در سفر بود، و حتی اگر بتوان چنین سفری را انجام داد به جایی جز دسته‌ای از ستارگان تنها در میانهٔ ناکجایی پهناور نخواهیم رسید. برای رسیدن به منزلگاه مهم بعدی یعنی شعرای یمانی (Sirius) سفری دیگر را باید در پیش گرفت که آن نیز ۴/۶ میلیون سال نوری به درازا خواهد کشید و الی آخر، البته اگر بخواهید مسیر کیهان را ستاره به ستاره بپیمایید. فقط برای رسیدن به مرکز کهکشانی که خودمان در آن قرار داریم به زمانی بس طولانی‌تر از مدتی که به وجود آمده‌ایم نیاز خواهیم داشت.

باز هم تکرار می‌کنم، فضا بی‌کرانه است. میانگین فاصلهٔ بین ستارگان پراکنده در فضا ۲۰ میلیون میلیون مایل است. حتی با سرعت‌های نزدیک به سرعت نور، هر انسان شیفتهٔ چنین سفری با مسافت‌هایی فوق‌العاده چالش‌آور سر و کار پیدا خواهد کرد. البته این امکان وجود دارد که موجوداتی بیگانه، میلیاردها مایل مسافت را طی کنند تا خودشان را با کاشتن انواع غلات در ویلتشر یا راه‌زنی و غارت کردن اموال مردم در روز روشن و هنگام حرکت با یک وانت در یکی از جاده‌های آریزونا (آن هم چند جوان) سرگرم و دلخوش کنند، اما چنین چیزی غیرممکن است.

اما از لحاظ آماری، احتمال اینکه برخی موجودات اندیشمند در آنجا وجود داشته باشند فکر بدی نیست. هیچ‌کس به درستی نمی‌داند چند ستاره در کهکشان راه شیری وجود دارد ــ برآوردها ارقامی از ۱۰۰ میلیارد تا ۴۰۰ میلیارد را نشان می‌دهد ــ و تازه خود این کهکشان راه شیری فقط یکی از ۱۴۰ میلیارد (یا بیشتر) کهکشان دیگری است که اغلب‌شان حتی از کهکشان ما نیز بزرگترند. در سال‌های ۱۹۶۰-۶۹ یکی از استادان دانشگاه کورنل به نام فرانک دریک که از یک چنین ارقام عظیمی به هیجان آمده بود معادلهٔ معروفی را مطرح ساخت که به کمک آن می‌توان احتمال وجود شکل‌های پیشرفتهٔ حیات در کیهان را بر اساس یک رشته احتمالات نزولی محاسبه کرد.

در معادلهٔ دریک، تعداد ستارگان موجود در بخش انتخاب شده‌ای از آسمان بر تعداد ستارگانی که احتمال می‌رود دارای منظومه‌های سیاره‌ای باشند تقسیم می‌شود؛ سپس بر تعداد ستارگانی تقسیم می‌شود که حیات پس از پیدایش در آن‌ها در جهت رسیدن به هوش پیش می‌رود؛ و الی آخر. در هر یک از این تقسیم‌ها، از این تعداد به مقدار کلانی کاسته می‌شود ــ با این حال، حتی با استفاده از محافظه کارانه‌ترین اطلاعات، تعداد تمدن‌های پیشرفته فقط در کهکشان راه شیری، بر طبق محاسبه به حدود چند میلیون می‌رسد.

چه فکر جالب و هیجان‌انگیزی. ما ممکن است فقط یکی از چند میلیون تمدن پیشرفته باشیم. متأسفانه به علت بی‌کرانگی و بزرگی فضا، میانگین فاصلهٔ بین هر دو تمدن از این میان، دست‌کم در حدود دویست سال نوری برآورد می‌شود که صرف به زبان آوردنش از شنیدنش اعجاب‌انگیزتر است. به زبان علمی، این بدان معنی است که اگر آن موجودات از وجود ما در اینجا خبر دارند و به شکلی می‌توانند ما را در تلسکوپ‌های خود ببینند، عملاً نوری را دریافت می‌کنند که دویست سال پیش زمین را ترک گفته است. بنابراین، آن‌ها من و شما را که در این روزگار زندگی می‌کنیم نمی‌بینند. آن‌ها انقلاب فرانسه و تامس جفرسن و افرادی را می‌بینند که جوراب ابریشمی به پا دارند و کلاه‌گیس‌شان را با پودر رنگ کرده‌اند ــ یعنی افرادی که نمی‌دانند اتم یا ژن چیست و برای تولید الکتریسیته، یک میلهٔ کهربایی و یک تکه از پوست جانوران را به هم می‌مالند و گمان می‌کنند چه کار خارق‌العاده‌ای انجام می‌دهند. هر پیامی که از آن‌ها به ما

برسد احتمالاً با عبارت Dear Sira (صورت قدیمی Dear Sir به معنی آقای محترم یا احتراماً) آغاز می‌شود و در آن به ما تبریک می‌گویند که اسب‌هایی چنین زیبا داریم و با چنین مهارتی از نهنگ روغن تهیه می‌کنیم. دویست سال نوری، فاصله‌ای است بمراتب فراتر از آنکه ما بتوانیم وجود داشته باشیم، خیلی فراتر از ما.

بدین ترتیب، ما حتی اگر به راستی در این کائنات تنها نباشیم، عملاً و از هر لحاظ تنهای تنهاییم. کارل ساگان، تعداد کل سیاره‌های احتمالاً موجود در کائنات را تا ۱۰ میلیارد تریلیون برآورد کرده است ـ که خود عددی خارج از حد تصور ما است. اما یک چیز دیگر که به همین اندازه خارج از حد تصور ما است، مقدار فضایی است که این سیارات به آرامی در آن پراکنده شده‌اند. ساگان می‌نویسد: «اگر ما را به طور تصادفی در کائنات می‌گذاشتند، احتمال آنکه در روی یک سیاره یا در نزدیکی آن قرار گیریم از یک در یک میلیارد تریلیون تریلیون (یعنی $۱۰^{۳۳}$، یا عدد ۱ با سی و سه صفر پس از آن) کمتر می‌شد. دنیاها بسیار گران‌قیمت‌اند.»

شاید به همین علت باشد که اتحادیهٔ بین‌المللی اخترشناسی در فوریهٔ ۱۹۹۹ اعلام کرد که پلوتون یک سیاره است. کائنات، جایی بزرگ و تنها است. ما می‌توانیم با همهٔ همسایگانی که می‌توانیم خودمان را به آن‌ها برسانیم ارتباط برقرار سازیم.

# ۳ کائنات کشیش اوانز

وقتی آسمان صاف است و کرهٔ ماه چندان درخشان نیست، رابرت اوانز (Robert Evans) این انسان آرام و شاد، تلسکوپ بزرگ و بی‌قواره‌اش را کشان کشان به قسمت پشت خانه‌اش که در بلومانتینز استرالیا، تقریباً در فاصلهٔ پنجاه مایلی غرب سیدنی واقع است می‌رساند و کاری خارق‌العاده انجام می‌دهد. او به ژرفای روزگاران گذشته می‌نگرد و ستاره‌های میرنده را پیدا می‌کند.

نگریستن در ژرفای گذشته، البته بخش آسان کار او است. اگر به آسمان شب نظر افکنید آنچه در برابر خود می‌بینید تاریخ ستارگان است، آن هم تا بی نهایت ــ ستارگان نه به شکلی که اکنون وجود دارند بلکه به شکلی که وقتی نورشان را از دست دادند وجود داشتند. با همهٔ اطلاعاتی که ما در حال حاضر داریم، ستارهٔ قطبی این یار باوفای ما زمینی‌ها، عملاً ممکن است در ماه ژانویهٔ گذشته یا در سال ۱۸۵۴ یا در هر زمانی از ابتدای سدهٔ چهاردهم میلادی به بعد سوخته باشد و خبر آن هنوز به ما نرسیده باشد. بهترین سخنی که می‌توان در این مورد گفت ــ یا هر کسی می‌تواند بگوید ــ آن است که ستارهٔ مزبور ۶۸۰ سال پیش در چنین تاریخی هنوز فروزان بوده است. ستاره‌ها دایماً می‌میرند. آنچه اوانز بهتر از هر کسی از آن روزگار تا به امروز انجام می‌دهد، شناسایی و کشف این لحظات خداحافظی آسمانی است.

روزها، اوانز کشیشی مهربان و نیمه بازنشسته در کلیسای یونایتینگ استرالیا است که مقداری کار آزاد انجام می‌دهد و دربارهٔ تاریخ جنبش‌های مذهبی سدهٔ نوزدهم تحقیق می‌کند. اما شب هنگام، به شیوهٔ خالی از تکلف خود، به غول آسمان‌ها تبدیل می‌شود، و اَبَرنواختران را شکار می‌کند.

اَبَرنواختران زمانی تشکیل می‌شوند که ستاره‌ای غول پیکر و بسی بزرگ‌تر

از خورشید ما، سقوط می‌کند و به طرزی با شکوه منفجر می‌شود و در یک لحظه، انرژی صد میلیون خورشید را از خود رها می‌کند و تا مدتی درخشان‌تر از تمام ستارگان موجود در کهکشان خود می‌سوزد. اوانز می‌گوید: «مثل این است که یک تریلیون بمب هیدروژنی ناگهان منفجر شوند.» به گفتهٔ اوانز اگر اَبَرنواختری به فاصلهٔ پانصد سال نوری پیش از این منفجر می‌شد، به احتمال قوی امروز دیگر اثری از ما دیده نمی‌شد، و همچنان که او لبخند زنان می‌گوید، چنین انفجاری «کل این نمایش را درهم می‌ریخت». اما کائنات بسیار پهناور است و اَبَرنواختران نیز طبیعتاً به قدری از ما فاصله دارند که هیچ آسیبی به ما نمی‌رسانند. به عبارت دقیق‌تر، اغلب آن‌ها در فواصلی چنان تصورناپذیر از ما قرار گرفته‌اند که نورشان فقط به شکل ضعیف‌ترین سوسوی ممکن به ما می‌رسد. مدت یک ماه و اندی که اَبَرنواختران قابل رؤیت هستند، کل آن چیزی که آن‌ها را از ستارگان دیگر در آسمان متمایز می‌گرداند این است که آن‌ها نقطه‌ای از آسمان را اشغال می‌کنند که پیش از آن به وسیلهٔ ستارگان دیگر پر نشده بود. چیزی که اوانز روحانی کشف می‌کند همین انفجارهای بسیار کمیاب در زیر گنبد پرازدحام آسمان شب است.

برای درک عظمت این کار، یک میز غذاخوری معمولی را تصور کنید که یک رومیزی مشکی روی آن کشیده باشند و شخصی هم پیدا شود که ناگهان یک مشت نمک روی آن بپاشد. دانه‌های پخش شدهٔ نمک را می‌توان در حکم یک کهکشان به شمار آورد. حالا هزار و پانصد میز دیگر مشابه همین میز نخست را مجسم کنید ــ مثلاً کافی است تا فضای پارکینگ فروشگاه زنجیره‌ای وال مارت را پر کنند یا در ردیفی به طول دو مایل پشت سر هم قرار گیرند ــ که روی هر کدام نیز یک مشت نمک به طور تصادفی پاشیده شده باشد. حال یک دانهٔ نمک به هر یک از این میزها اضافه کنید و از اوانز بخواهید که در میان آن‌ها به گردش بپردازد. او در یک آن، این دانه را خواهد شناخت. چنین دانه‌ای همان اَبَرنواختر است.

اوانز از استعدادی چنان استثنایی برخوردار است که اولیور ساکس در کتاب مردم‌شناس در مریخ خود یک عبارت از فصل مربوط به دانشوران درخودمانده (autistic) را به او اختصاص می‌دهد ــ و بلافاصله می‌افزاید «به هیچ‌وجه نمی‌خواهم بگویم او دانشوری درخودمانده است.» اوانز که هیچ‌گاه ساکس را

ندیده است به این فکر ساکس که او را یک انسان درخورمانده یا یک دانشور تصور می‌کند می‌خندد، اما خودش قدرت لازم برای بیان سرچشمهٔ استعدادش را ندارد.

وقتی با او و همسرش الین در خانهٔ ویلایی دیدنی‌شان در حاشیهٔ آرام یکی از روستاهای هیزلبروک یعنی جایی که سیدنی بدان ختم می‌شود و بوته‌زار بی‌کرانهٔ استرالیا آغاز می‌شود دیدار کردم، او با نگاهی صادقانه و پوزش خواهانه گفت: «فقط این طور به نظر می‌رسد که من مهارتی عجیب در به حافظه سپردن میدان‌های ستارگان دارم. در زمینه‌های دیگر هیچ استعداد خاصی ندارم. نمی‌توانم اسم‌های افراد را خوب به یاد بیاورم.»

در این هنگام الین با صدایی بلند از آشپزخانه گفت: «یا خِرت و پِرت‌هایش را کجا گذاشته است.»

این حرف را صادقانه با اشارهٔ سر تصدیق کرد و لبخندی بر لبانش نشست، سپس از من خواست که همراه او به دیدن تلسکوپ‌اش بروم. خیال می‌کردم اوانز برای خودش یک رصدخانهٔ درست و حسابی ــ نمونهٔ کوچک شدهٔ رصدخانهٔ ماونت ویلسن یا پالومار ــ با یک سقف کشویی گنبدی شکل و یک صندلی خودکار دارد که نشستن بر آن و به اطراف چرخیدن کلی لذت بخش خواهد بود. به بیان دقیق‌تر، او مرا نه به خارج از خانه بلکه به یک انباری پُر در پشت آشپزخانه بُرد که کتاب‌ها و یادداشت‌هایش را در آن نگه می‌دارد و تلسکوپ او ــ استوانه‌ای سفید به شکل و اندازهٔ یک مخزن آب گرم خانگی ــ در داخل چارپایه‌ای دست‌ساز و گردان نصب شده است. وقتی می‌خواهد آسمان را رصد کند، وسایلش را در دو نوبت به روی عرشه‌ای کوچک بر بالای آشپزخانه حمل می‌کند. در حد فاصل بین پیش نشستگی سقف و شاخ و برگ‌های پَر مانند درختان اوکالیپتوس که بر سراشیبی پایین خانه‌اش سبز شده‌اند او آسمان را فقط به اندازهٔ یک صندوق پست در پیش روی خود دارد، و می‌گوید همین مقدار آسمان برای کارهایی که انجام می‌دهد از حد نیازش بسی بیشتر است. و در آنجا وقتی آسمان صاف است و کرهٔ ماه چندان درخشان نیست، او اَبَرنواختر خود را کشف می‌کند.

اصطلاح انگلیسی *Supernova* (اَبَرنواختر) در دههٔ ۱۹۳۰-۳۹ میلادی به وسیلهٔ یک

اخترفیزیکدان پیر و فراموش نشدنی به نام فریتس تسویکی ساخته و به کار برده شد. تسویکی که در بلغارستان متولد و در سویس پرورش یافته بود در دهۀ ۱۹۲۰-۲۹ به انستیتوی فناوری کالیفرنیا پیوست و در آنجا به واسطۀ استعدادهای پراکنده و شخصیت خشنی که داشت ناگهان زبانزد خاص و عام شد. ظاهراً شخصی فوق‌العاده یا استثنایی به نظر نمی‌رسید و بسیاری از همکارانش او را «اندکی متفاوت با یک دلقک» به شمار می‌آوردند. او که شیفتۀ ورزش‌های زیبایی اندام بود غالباً به طبقۀ همکف تالار غذاخوری دانشگاه کلتک یا دیگر مکان‌های عمومی سر می‌زد و روی یک بازویش شنا می‌رفت تا قدرت و مردانگی‌اش را به رخ هر کس که ذره‌ای در آن تردید به خود راه می‌داد بکشد. او به خشونت رفتار معروف بود و وجودش چنان هولناک بود که یکی از همکاران نزدیکش به نام والتر بادی از کار در کنار او در یک اتاق خودداری کرد. از اتهاماتی که تسویکی به والتر بادی وارد می‌کرد یکی هم این بود که او را فردی نازیست معرفی می‌کرد که چنین نبود. تسویکی دست کم در یک مورد، والتر بادی را تهدید به کشتن کرد که به همین علت هر وقت سر و کلۀ تسویکی در پردیس کلتک پیدا می‌شد والتر فرار می‌کرد و دوان دوان از تپۀ رصدخانۀ ماونت ویلسن بالا می‌رفت.

اما تسویکی از استعدادی درخشان در انواع ژرف‌نگری‌ها نیز برخوردار بود. در اوایل دهۀ ۱۹۳۰-۳۹ توجه خود را به مسأله‌ای معطوف ساخت که اخترشناسان را از سال‌ها پیش با مشکل مواجه کرده بود: ظهور توجیه‌ناپذیر و پراکندۀ نقاط روشن یا ستارگان جدید در آسمان. او به طرز عجیبی به این فکر افتاد که شاید نوترون ــ ذره‌ای زیر اتمی که به تازگی توسط جیمز چدویک در انگلستان کشف شده بود، و به همین دلیل تا حدودی یک پدیدۀ نو بود و رواج داشت ــ علت اصلی چنین پدیده‌ای باشد. او دریافت که اگر ستاره‌ای به درون چگالی‌هایی از نوع چگالی‌های موجود در هستۀ اتم سقوط کند، نتیجۀ آن شکل گرفتن هسته‌ای فوق‌العاده فشرده و خارج از حد تصور خواهد بود. اتم‌ها عملاً با یکدیگر تصادم پیدا می‌کنند، الکترون‌های آن‌ها با فشار زیاد به درون هسته وارد می‌شوند و نوترون را تشکیل می‌دهند. بدین ترتیب یک ستارۀ نوترونی به وجود می‌آید. یک میلیون گلوله توپ واقعاً سنگین را تصور کنید که درهم فشرده شده و به اندازۀ یک تیله کوچک شده‌اند ــ اما هنوز حتی به موضوع نزدیک نشده‌اید.

هستهٔ ستارهٔ نوترونی چنان فشرده است که یک قاشق غذاخوری پر از مادهٔ تشکیل دهندهٔ آن ۲۰۰ میلیارد پاوند وزن دارد. یک قاشق غذاخوری! ولی موضوع بیش از اینها بود. تسویکی متوجه شد که پس از سقوط چنین ستاره‌ای، مقدار عظیمی از انرژی برجا می‌ماند که برای ایجاد بزرگترین انفجار در کائنات کفایت می‌کند. او این انفجارهای بعدی را اَبَرنواختران نامید. این انفجارها بزرگ‌ترین رویدادهای آفرینش به شمار می‌روند ــ و چنین هم هستند.

روز ۱۵ ژانویهٔ ۱۹۳۴، مجلهٔ *Physical Review* چکیدهٔ بسیار فشرده‌ای از یک سخنرانی را چاپ کرد که یک ماه پیش از آن توسط تسویکی و والتر بادی در دانشگاه استنفرد ایراد شده بود. این چکیده، علیرغم فشردگی فوق‌العاده‌اش ــ یک پاراگراف ۲۴ سطری ــ سرشار از نکات بی‌پایان علمی و جدید بود: نخستین‌بار به اَبَرنواختران و ستارگان نوترونی اشاره می‌شد؛ روش شکل‌گیری آن‌ها به طرزی متقاعد کننده تشریح می‌شد؛ مقیاس قابلیت انفجار آن‌ها به درستی محاسبه می‌شد؛ و به عنوان پاداشی در پایان، انفجارهای اَبَرنواختران به تولید پدیده‌ای جدید و اسرارآمیز به نام پرتوهای کیهانی ارتباط داده می‌شد که جدیداً معلوم شده بود در سراسر کائنات پراکنده‌اند. ساده‌ترین توصیف این اندیشه‌ها آن بود که بگوییم موجب انقلابی نو در علم شدند. وجود ستاره‌های نوترونی تا ۳۴ سال بعد تأیید نشد. بر روی هم، این چکیده به گفتهٔ کیپ س. تورن از اختر فیزیک‌دانان دانشگاه کلتک، «یکی از پیشگویانه‌ترین اسناد تاریخ علم فیزیک و اخترشناسی بود.»

نکتهٔ جالب توجه آن است که خود تسویکی هیچ توضیحی دربارهٔ علت وقوع هر یک از این پدیده‌ها نداشت. به گفتهٔ تورن، «او به قدر کافی با قوانین علم فیزیک آشنا نبود که بتواند اندیشه‌هایش را بر اساس آن‌ها اثبات کند.» استعداد تسویکی در بیان اندیشه‌های بزرگ بود. وظیفهٔ انجام محاسبات ریاضی بر دوش دیگران ــ به ویژه والتر بادی ــ نهاده شد.

تسویکی همچنین یکی از نخستین دانشمندانی بود که تشخیص داد جرم مریی لازم برای در کنار هم نگه داشتن کهکشان در کائنات وجود ندارد و به همین علت باید تأثیر گرانشی دیگری وجود داشته باشد ــ که ما امروزه آن را مادهٔ تاریک می‌نامیم. نکته‌ای که او نتوانست دریابد این بود که هرگاه یک نوترون به

قدر کافی منقبض شود چنان متراکم می‌شود که حتی نور نمی‌تواند از نیروی گرانش بی‌کران آن بگریزد. این همان سیاه چاله است. متأسفانه بسیاری از همکاران تسویکی با چنان نگاه تحقیرآمیزی به کارهای او می‌نگریستند که اندیشه‌های او تقریباً توجه هیچ‌کس را به خود جلب نکرد. پنج سال پس از وقتی که رابرت آپنهایمر بزرگ در گزارشی تاریخی، به موضوع ستارگان نوترونی پرداخت، با آنکه تسویکی نیز سال‌های سال در مورد همین مسأله و در دفتری در زیر همان تالار سخنرانی به تحقیق مشغول بود، کوچکترین اشاره‌ای به کارهای تسویکی نکرد. نتیجه‌گیری‌های تسویکی دربارهٔ مادهٔ تاریک، تقریباً تا چهل سال توجه چندانی را به خود جلب نکرد. فقط می‌توان چنین فرض کرد که او در این مدت تا توانست به ورزش اشتغال ورزید.

آنچه موجب شگفتی می‌شود این است که وقتی ما سرمان را به سوی آسمان می‌گیریم تا به آن بنگریم فقط بخش کوچکی از آن برای ما قابل رؤیت است. از روی زمین، فقط ۶,۰۰۰ ستاره را می‌توان به کمک چشم غیر مسلح مشاهده کرد، و فقط ۲,۰۰۰ ستاره را می‌توان از هر نقطه‌ای دید. با استفاده از دوربین‌های دوچشمی، تعداد ستارگان قابل مشاهده از یک نقطه تا حدود ۵۰,۰۰۰ افزایش می‌یابد، اما با استفاده از یک تلسکوپ کوچک دو اینچی این رقم ناگهان به ۳۰۰,۰۰۰ ستاره می‌رسد. اگر از یک تلسکوپ شانزده اینچی مانند تلسکوپ اوانز استفاده کنید، دیگر لازم نیست تعداد ستارگان را بشمارید بلکه باید تعداد کهکشان‌ها را بشمارید. اوانز چنین فرض می‌کند که از محل استقرار تلسکوب خود می‌تواند چیزی بین ۵۰,۰۰۰ و ۱۰۰,۰۰۰ کهکشان را ببیند، که هر یک شامل ده‌ها میلیارد ستاره می‌شوند. البته این ارقام معتبرند امّا حتی با یک چنین امکانی، احتمال مشاهدهٔ اَبَرنواختران بسیار اندک است. هر ستاره می‌تواند میلیاردها سال بسوزد و نورافشانی کند اما فقط یک بار آن هم به سرعت می‌میرد و از آن میان، فقط چند ستاره پیدا می‌شوند که منفجر شوند. عمر اغلب ستاره‌ها به آرامی پایان می‌گیرد، مانند خاموش شدن آتش افروخته شده در فضای باز به هنگام بردمیدن سپیدهٔ سحر. در هر کهکشان معمولی، شامل صد میلیارد ستاره به طور متوسط

هر دویست یا سیصد سال یک بار یک اَبَرنواختر پیدا می‌شود. بنابراین، پیدا کردن یک اَبَرنواختر، درست به آن شباهت دارد که شخص، تلسکوپی در دست، روی سکوی رصدگیری ساختمان امپایر استیت بایستد و از پنجره‌های دورتادور محلهٔ مانهاتان به درون بنگرد به این امید که کسی را پیدا کند که در لحظهٔ روشن کردن شمع روی کیک تولد بیست و یک سالگی خویش است.

به همین دلیل، وقتی یک کشیش امیدوار و خوش بیان با جامعهٔ اخترشناسی تماس گرفت و جویای جدول‌های قابل استفادهٔ میدانی برای شکار اَبَرنواختران شد، اخترشناسان تصور کردند با یک دیوانه روبرو شده‌اند. اوانز در آن زمان یک تلسکوپ ده اینچی ـ اندازه‌ای بسیار قابل قبول برای ستاره‌بینی ذوقی اما ندرتاً مناسب برای انجام کارهای جدی کیهان‌شناسی ـ در اختیار داشت و بر آن بود که یکی از پدیده‌های کمیاب کائنات را کشف کند. در کل تاریخ اخترشناسی تا پیش از آغاز رصدهای اوانز در سال ۱۹۸۰، کمتر از شصت اَبَرنواختر کشف شده بود. (زمانی که من با او دیدار کردم، یعنی در اوت ۲۰۰۱، او تازه از ثبت سی و چهارمین کشف دیداری خود دست برداشته بود؛ کشف سی و پنجم را سه ماه بعد و کشف سی و ششم را در سال ۲۰۰۳ انجام داد و ثبت کرد.)

اما اوانز برای خودش امتیازهای خاصی داشت. اغلب رصدکنندگان مانند اغلب افراد عادی به طور کلی، در نیمکرهٔ شمالی به سر می‌برند، بنابراین او آسمانی بس پهناور مختص خود داشت، به ویژه در ابتدای کار. علاوه بر آن، از سرعت عمل و حافظه‌ای غیر عادی برخوردار بود. تلسکوپ‌های بزرگ، چیزهایی دست و پاگیر هستند و بخش بزرگی از زمان استفاده از آن‌ها صرف مانوور برای استقرار در جای خود می‌شود. اوانز می‌توانست تلسکوپ کوچک شانزده اینچی‌اش را همانند یک توپچی مستقر در عقب جبهه جابه‌جا کند و فقط چند ثانیه از وقتش را به مشاهدهٔ نقطه‌ای خاص در آسمان اختصاص دهد. در نتیجه، هر غروب او می‌تواند نزدیک به چهارصد کهکشان را مشاهده کند در صورتی که یک تلسکوپ بزرگ در بهترین حالت چیزی بین پنجاه یا شصت کهکشان را رصد می‌کند.

هر اخترشناسی با نگریستن در آسمان و گشتن به دنبال اَبَرنواختران نمی‌تواند حتماً آن‌ها را پیدا کند. او از سال ۱۹۸۰ تا سال ۱۹۹۶ به طور متوسط

دو کشف در سال انجام داده است ــ که در مقایسه با صدها شب نگریستن و چشم دوختن به آسمان، دستمزد چشمگیری نیست. یک بار سه اَبَرنواختر را در طی پانزده روز کشف کرد، اما یک بار دیگر سه سال سپری شد بی آنکه حتی یک اَبَرنواختر کشف کند.

اوانز می‌گوید: «کشف نکردن اَبَرنواختر نیز ارزشی خاص خود دارد. کیهان‌شناسان، به کمک این وضعیت می‌توانند سرعت شکل‌گیری و پیدایی کهکشان‌ها را پیدا کنند. این، یکی از زمینه‌های بسیار کمیابی است که در آن نبود دلیل، خود دلیل است.»

روی میزی در کنار تلسکوپ، انبوه عکس‌ها و نوشته‌های مربوط به کارهای اوانز دیده می‌شد، که این بار تعدادی از آن‌ها را خودش به من نشان داد. اگر تاکنون نگاهی به نشریات غیر تخصصی نجوم انداخته باشید ــ که حتماً زمانی چنین پیش آمده است ــ می‌دانید که این نشریات از انواع عکس‌های رنگی و درخشان سحابی‌های دور دست و مانند این‌ها انباشته‌اند ــ ابرهای رنگین نور آسمانی با شکوهی بس ظریف و تکان دهنده. عکس‌هایی که اوانز در جریان کار گرفته است هیچ شباهتی به آن عکس‌ها ندارند. در یکی از عکس‌هایی که به من نشان داد، انبوهی از ستارگان با درخششی بسیار جزیی دیده می‌شدند که من برای دیدن‌شان مجبور شدم عکس را به صورتم نزدیک کنم. اوانز گفت این عکس ستاره‌ای را در صورت فلکی کوره از یک کهکشان معروف به NGC1365 در نزد اخترشناسان نشان می‌دهد. (سه حرف NGC از حروف آغاز عبارت New General Catalogue به معنی کاتالوگ عمومیِ جدید گرفته شده است که این جور چیزها در آن ثبت می‌شوند. روزگاری، این کاتالوگ به صورت کتابی سنگین روی میز دانشمندی در دابلین بود اما نیازی به گفتن ندارد که امروزه به صورت یک بانک اطلاعاتی درآمده است.) نور تابیده از مرگ تماشایی این ستاره در طی ۶۰ میلیون سال خاموشی، بدون هیچ وقفه‌ای در فضا حرکت کرد تا آنکه در یکی از شب‌های ماه اوت ۲۰۰۱ به شکل ابری تابنده، با کم‌ترین نور ممکن، در آسمان شب ظاهر شد. البته همین رابرت اوانز روحانی، آن شب در کنار درختان اوکالیپتوس و فضای خوشبوی تپهٔ کنار خانه‌اش بیدار بود و آن را مکان‌یابی کرد.

اوانز می‌گوید: «اندیشیدن به اینکه نور میلیون‌ها سال در فضا حرکت

می‌کند و درست در لحظهٔ رسیدنش به زمین، کسی به انتظار ایستاده است و آن را در همان بخش از آسمان می‌بیند، به گمانم بسیار ارضا کننده است. بسیار به‌جا و درست است که لحظه‌ای چنین بزرگ شاهدی داشته باشد.»

کار اَبَرنواختران از ایجاد شگفتی در انسان بسی فراتر می‌رود. ابرنواختران انواع گوناگون دارند (یکی از این انواع را اوانز کشف کرده است) و از این میان، مخصوصاً یک نوع که اَبَرنواختر یا (Ia) نامیده می‌شود، در اخترشناسی اهمیت دارد زیرا همواره به یک شکل و با یک جرم بحرانی منفجر می‌شود. به همین علت، می‌توان از آن به عنوان شمعی استاندارد برای اندازه‌گیری سرعت گسترش کائنات استفاده کرد.

در سال ۱۹۸۷ ساول پرلموتر در آزمایشگاه لاورنس برکلی در ایالت کالیفرنیا، باتوجه به نیازش به اَبَرنواخترانی به‌مراتب بیش از آنچه از راه رصدگیری دیداری امکان‌پذیر بود، دست اندرکار تحقیق برای پیداکردن شیوه‌ای انتظام یافته‌تر برای جستجوی آن‌ها شد. پرلموتر با استفاده از انواع کامپیوترها و دستگاه‌های با بار مزدوج (Charge-Coupled device = CCD) یک سیستم تر و تمیز و کارآمد ابداع کرد ــ که در اصل از چند دوربین دیجیتال حقیقتاً خوب تشکیل می‌شد. این سیستم موجبات خودکار شدن شکار اَبَرنواختران را فراهم آورد. از این پس، تلسکوپ‌ها می‌توانند صدها عکس بگیرند و به کامپیوتر بدهند تا نقاط روشن و افشا کنندهٔ وجود انفجارهای اَبَرنواختری را ردیابی کنند. امروزه حتی اخترشناسان آماتور می‌توانند با استفاده از دستگاه‌های CCD به کشف اَبَرنواختران نایل آیند. اوانز با اندکی نومیدی گفت: «با استفاده از دستگاه CCD می‌توانید تلسکوپ را رو به آسمان نشانه روی کنید و خودتان به تماشای تلویزیون بنشینید. ظرافت عاشقانهٔ این کار از آن گرفته شد.»

از او در مورد احتمال استفاده از این فناوری جدید پرسیدم. گفت: «اوه، نه! من از روش کار خودم خیلی لذت می‌برم.» با سر به عکس آخرین ابرنواختر کشف شده‌اش اشاره کرد و افزود: «هنوز هم گاهی می‌توانم آن‌ها را شکست دهم.»

در اینجا پرسشی که طبیعتاً پیش می‌آید چنین است: «اگر ستاره‌ای در همین نزدیکی‌ها منفجر شود، چه پیش می‌آید؟ همچنان که پیش از این دیدیم، نزدیکترین همسایهٔ اختری ما آلفا قنطوروس نام دارد که به فاصلهٔ ۴/۳ سال نوری

از ما قرار گرفته است. به گمان من اگر انفجاری در این همسایهٔ اختری رخ دهد ما برای مشاهدهٔ نور حاصل از گسترش این رویداد پرشکوه در آسمان به شکلی که گویی از درون یک قوطی غول‌آسا به پایین می‌ریزد، ۴/۳ سال نوری فرصت خواهیم داشت. راستی اگر چهار سال و سه ماه برای مشاهدهٔ انفجاری گریزناپذیر و در حال پیشروی به سوی خودمان داشته باشیم و بدانیم که سرانجام وقتی به زمین می‌رسد درست بیخ گوش ما منفجر خواهد شد، چه پیش خواهد آمد؟ آیا مردم باز هم سرکارشان خواهند رفت؟ آیا کشاورزان به کشت و کار خواهند پرداخت؟ آیا کسی حاضر خواهد شد محصولش را به فروشگاه‌ها برساند؟

هفته‌ها بعد که به شهر محل زندگی‌ام یعنی نیوهمپشر بازگشتم، این پرسش‌ها را با جان تورستنسن از اخترشناسان کالج دارتموث در میان گذاشتم. او خنده‌ای بر لب آورد و گفت: «اوه، نه. خبر چنین رویدادی به سرعت نور پخش می‌شود، اما قدرت ویرانگری آن نیز به همین سرعت پخش می‌شود. بنابراین، ما در یک لحظه از وقوع آن با خبر می‌شویم و در همان لحظه نیز بر اثر آن می‌میریم. اما نگران نباش، چون چنین انفجاری رخ نخواهد داد.»

تورستنسن توضیح داد: برای آنکه انفجار اَبَرنواختری بتواند ما را بکشد مجبوریم «به طرز مضحکی به آن نزدیک ــ احتمالاً به فاصلهٔ ۱۰ سال نوری یا چیزی در این حدود ــ باشیم. خطر این انفجار، انتشار انواع تشعشعات ــ اعم از تشعشعات کیهانی و غیره ــ است.» این تشعشعات موجب ایجاد شفق‌های قطبی باور نکردنی به صورت پرده‌های پر تلالویی از نور شبح‌وار خواهند شد که سراسر آسمان را پر می‌کند. این حادثه‌ای دلنشین نیست. هر چیزی که از قدرت کافی برای دامن زدن به چنین نمایشی برخوردار باشد به راحتی می‌تواند مغناطیس سپهر (magnetosphere) یا بخش مغناطیسی واقع بر بالای کرهٔ زمین را که معمولاً ما را در مقابل تابش‌های فرابنفش و دیگر تهاجم‌های کیهانی حفاظت می‌کند منفجر و پراکنده سازد. بدون وجود مغناطیس سپهر، هر موجود بخت برگشته‌ای که به خود جرأت دهد و در معرض نور خورشید قرار بگیرد در یک لحظه، ظاهری همچون یک پیتزای خیلی پخته پیدا می‌کند.

تورستنسن می‌گوید علت اینکه گفتم ما می‌توانیم با خیال راحت از عدم وقوع چنین انفجاری در این گوشهٔ کهکشان خودمان به زندگی ادامه دهیم آن

است که برای ساخته شدن هر اَبَرنواختر در درجهٔ نخست باید ستاره‌ای از یک نوع خاص وجود داشته باشد. هر ستارهٔ بالقوه آماده باید حجمی معادل ۱۰ تا ۲۰ برابر خورشید ما داشته باشد و «ما اصلاً چیزی با این ابعاد نداریم که آنقدرها به کرهٔ زمین نزدیک باشد. کائنات، جایی بیرحمانه بزرگ است.» سپس می‌افزاید: نزدیکترین ستارهٔ بالقوه آماده بدین منظور، یدالجوزا نام دارد که پت پت کردن‌های گوناگونش از سال‌ها پیش به این اندیشه در میان اخترشناسان دامن زده است که گویا تحولی کاملاً ناپایدار در آن در حال وقوع است. ولی یدالجوزا پنجاه هزار سال نوری با زمین فاصله دارد.

تاکنون و از ابتدای تاریخ مدون اخترشناسی، اَبَرنواختران فقط شش بار به قدر کافی به زمین نزدیک شده‌اند و امکان مشاهدهٔ آن‌ها با چشم غیر مسلح فراهم آمده است. یکی از این موارد، انفجاری بود که در سال ۱۰۵۴ میلادی موجب آفرینش سحابی خرچنگی شد. انفجار بعدی در سال ۱۶۰۴ رخ داد و موجب درخشش یک ستاره تا حدی شد که تا بیش از سه هفته در ساعات روز هم قابل رؤیت بود. آخرین انفجار در سال ۱۹۸۷ بود که در جریان آن یک اَبَرنواختر در بخشی از کیهان که به ابر بزرگ ماژلانی معروف است شعله‌ور شد، اما بسیار کم قابل رؤیت بود، آن هم فقط در نیمکرهٔ جنوبی ــ البته به فاصلهٔ ۱۶۹,۰۰۰ سال نوری از کرهٔ زمین، که هیچ خطری برای ما نداشت.

اَبَرنواختران از یک جهت محوری و مهم دیگر نیز برای ما اهمیت دارند. بدون آن‌ها ما در اینجا نخواهیم بود. حتماً معمای کیهان شناختی مطرح شده در پایان فصل نخست را به یاد دارید ــ اینکه انفجار بزرگ موجب تولید انبوه بی‌کرانی از گازهای سبک شد اما هیچ عنصر سنگینی به وجود نیاورد. این عناصر بعدها تولید شدند، اما مدت‌های طولانی کسی نمی‌توانست دریابد که این عناصر چگونه توانستند دیرتر ظاهر شوند. مسأله این بود که برای ساخته شدن کربن و آهن و عناصر دیگری که بدون وجودشان ما انسان‌ها به طرزی غم‌انگیز فاقد زندگی مادی می‌شدیم، می‌بایست چیزی حقیقتاً داغ ــ حتی داغ‌تر از هستهٔ مرکزی داغ‌ترین ستاره‌ها ــ به وجود می آمد. اَبَرنواختران، پاسخ این مساله بودند،

و یک کیهان‌شناس انگلیسی با رفتارهای استثنایی تقریباً همانند رفتارهای فریتس تسویکی، کسی بود که توانست به این راز پی ببرد.

این کیهان شناس یورکشایری که فرد هویل نام داشت در سال ۲۰۰۱ چشم از جهان فروبست. مجلهٔ نیچر *(Nature)* در آگهی درگذشت هویل از او با عبارت «کیهان شناس و مرد بحث و جدل» نام برد که بدون تردید شایستهٔ هر دو عنون نیز بود. بر طبق این آگهی مجلهٔ نیچر، هویل «بخش بزرگی از عمرش را به بحث و جدل گذرانید» و «نامش در کنار چرندهای بسیار آمد.» مثلاً او بدون هیچ دلیلی ادعا می‌کرد که فسیل گران قیمت یک آرکئوپتریکس در موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا چیزی جعلی از نوع حقهٔ پیلتداون است، و چنان خشم دیرین شناسان موزه را برانگیخت که مجبور شدند چندین روز از وقت‌شان را صرف پاسخگویی به تماس‌های تلفنی روزنامه‌نگاران از سراسر جهان کنند. وی همچنین معتقد بود که نه فقط بذر حیات در کرهٔ زمین از فضا آورده و پراکنده شده است بلکه بسیاری از بیماری‌های رایج در کرهٔ زمین مانند آنفلوانزا و طاعون خیارکی نیز از فضای کیهانی سرچشمه گرفته‌اند، و در یک مورد نیز گفت دو سوراخ بینی برآمدهٔ انسان به این دلیل روبه پایین است که عوامل بیماری‌زای کیهانی نتوانند به درون آن‌ها بیفتند.

او بود که اصطلاح «انفجار بزرگ» را در سال ۱۹۵۲ ضمن لطیفه‌ای که برای یک برنامهٔ رادیویی تعریف می‌کرد، ساخت و به کار برد. او متذکر شد در علم فیزیک به شکلی که ما شناخته‌ایم هیچ چیزی وجود ندارد که به ما بگوید چرا هر چیزی، هرگاه در یک نقطه گردآوری شود ناگهان به شکلی چشمگیر شروع به گسترش می‌کند. هویل طرفدار نظریهٔ حالت پایا در فیزیک بود که بر طبق آن کائنات پیوسته در حال گسترش و دایماً در حال تولید مادهٔ جدید در جریان چنین گسترشی است. هویل همچنین به این نکته پی‌برد که هرگاه ستارگان به درون خود فرو ریزند موجب تولید مقادیر عظیمی از حرارت می‌شوند ــ ۱۰۰ میلیون درجه یا بیشتر، که برای آغاز آفرینش عناصر سنگین‌تر در فرآیندی موسوم به سنتز هسته‌ای (nucleosythesis) کفایت می‌کند. در سال ۱۹۵۷، هویل که با چند دانشمند دیگر همکاری می‌کرد طرز تشکیل عناصر سنگین‌تر در انفجارهای اَبَرنواختری را اثبات کرد. و.ا. فاولر از همکاران هویل، به دلیل انجام این تحقیق جایزهٔ نوبل گرفت. اما به هویل، با کمال شرمندگی جایزه‌ای داده نشد.

بر طبق نظریهٔ هویل، هر ستارهٔ در حال انفجار موجب تولید چنان مقداری از حرارت می‌شود که برای آفرینش تمام عناصر جدید و پخش آن‌ها در کیهان و تشکیل ابرهای گازی ـ معروف به مادهٔ میان ستاره‌ای ـ توسط آن‌ها کفایت می‌کند، که سرانجام اینان نیز با هم‌دیگر یکپارچه می‌شوند و به صورت منظومه‌های شمسی جدید در می‌آیند. با شکل‌گیری این نظریه‌های جدید، پی‌ریزی سناریوهای ملموس برای تشریح چگونگی رسیدن ما به این مرحله از هستی امکان‌پذیر گردید. آنچه ما امروزه گمان می‌کنیم بر آن آگاهی داریم چنین است:

در حدود ۴/۶ میلیارد سال پیش از این، تودهٔ بزرگی از گاز و غبار به ابعاد ۱۵ میلیارد مایل در فضایی که ما اکنون در آن واقع شده‌ایم بر هم انباشته شد و تدریجاً به صورت متراکم درآمد. عملاً کل آن توده ـ ۹۹/۹ درصد جرم منظومهٔ شمسی ـ در ساختمان خورشید جذب شد. از مادهٔ شناور برجا مانده، دو ذرهٔ میکروسکوپی چنان نزدیک به یکدیگر حرکت می‌کردند که نیروهای الکترواستاتیک به سوی‌شان جذب می‌شدند. این، همان لحظهٔ شکل‌گیری و نطفه‌بندی سیارهٔ زمین بود. در سراسر منظومهٔ شمسی خام و ابتدایی نیز همین تغییرات در حال وقوع بود. ذرات غبار با هم تصادم می‌کردند و دانه‌ها و کلوخه‌هایی درشت‌تر و درشت‌تر تشکیل می‌دادند. سرانجام، این کلوخه‌ها به قدری بزرگتر شدند که می‌شد آن‌ها را خرده سیاره یا سیارک نامید. برخوردهای بی‌پایان این سیارک‌ها به خردشدگی، از هم شکافتگی یا ترکیب دوبارهٔ آن‌ها در یک جابه‌جایی تصادفی و ابدی انجامید، اما در هر برخوردی یک سیارک به پیروزی می‌رسید، و برخی از سیارک‌های برنده به قدری بزرگتر شدند که توانستند بر مدار حرکت خود غالب گردند.

کل این تغییرات به طرزی فوق‌العاده سریع رخ داد. گفته می‌شود رشد یافتن و تبدیل شدن یک خوشهٔ ریزدانه به یک بچه سیاره با ابعاد چند صد مایل، فقط طی چند ده هزار سال عملی شده است. کرهٔ زمین فقط طی ۲۰۰ میلیون سال یا حتی کمتر، اساساً شکل گرفت، اما همچنان ملتهب و گداخته بود و در معرض بمباران دایمی تمام زباله‌های شناور در اطراف خود قرار داشت.

در این نقطه، یعنی در حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش از این، جسمی به اندازهٔ کرهٔ مریخ به کرهٔ زمین اصابت کرد که بر اثر انفجار حاصل از آن مواد و

مصالح کافی برای ساخته شدن یک کرهٔ همراه زمین یعنی کرهٔ ماه از زمین به فضا پرتاب شد. گویا طی چند هفته، ذرات این مواد و مصالح پرتاب شده از نو در کنار هم قرار گرفتند و به صورت یک تودهٔ واحد درآمدند، و طی یک سال کرهٔ سنگی همراهی کنندهٔ زمین را به وجود آوردند که تا امروز به همراهی این سیاره ادامه داده است. گفته می‌شود بخش بزرگی از مادهٔ تشکیل دهندهٔ کره ماه از پوستهٔ زمین جدا شده است نه از هستهٔ آن، و به همین دلیل است که مقدار آهن در کرهٔ ماه آن قدر اندک و در کرهٔ زمین این قدر زیاد است. از قضا این نظریه، تقریباً همیشه به عنوان یک نظریهٔ جدید مطرح می‌شود، اما نخستین‌بار در دههٔ ۱۹۴۰-۴۹ توسط رجینالد دالی از دانشگاه هاروارد مطرح شد. تنها نکتهٔ تازهٔ آن این است که مردم تدریجاً متوجه وجودش می‌شوند.

وقتی اندازهٔ کرهٔ زمین فقط یک سوم اندازهٔ نهایی‌اش بود به احتمال قوی تازه می‌خواست دارای اتمسفری شود که عمدتاً از دی‌اکسید کربن، ازت، متان و گوگرد تشکیل می‌شد. ماده‌ای از نوع آنچه بتوان آن را با حیات مرتبط دانست به ندرت ممکن بود پدید آمده باشد، اما حیات از دل همین درهمجوش ناخوشایند برآمد و شکل گرفت. دی اکسیدکربن یک گاز قوی گلخانه‌ای است. این یک امتیاز به شمار می‌رفت زیرا خورشید در آن دوره بمراتب از آنچه امروزه می‌بینیم کم نورتر بود. در صورتی که ما از امتیاز این اثر گلخانه‌ای برخوردار نمی‌شدیم کرهٔ زمین به احتمال قوی به صورتی دایماً یخ زده در می‌آمد و حیات نیز هیچ‌گاه نمی‌توانست در آن پا بگیرد. اما حیات هر طور شده پا گرفت.

کرهٔ زمین جوان در طی ۵۰۰ میلیون سال بعدی، همچنان به طرزی بی‌رحمانه در معرض بارش‌های سیل‌آسای ستاره‌های دنباله‌دار، سنگ‌های آسمانی، و دیگر زباله‌های کهکشانی قرار داشت که این به پر شدن اقیانوس‌ها از آب و دیگر اجزای ضروری برای تشکیل حیات انجامید. محیط، بی‌نهایت خصمانه بود ولی حیات همچنان به راه خود ادامه می‌داد. یک بستهٔ کوچک حاوی مواد شیمیایی، حرکتی غیر ارادی کرد و جاندار شد. بشر گام در راه نهاد.

چهار میلیارد سال بعد، انسان از خود می‌پرسد راستی این همه تغییرات چگونه رخ داد. داستان ما نیز در فصل بعدی از همین جا آغاز خواهد شد.

# بخش ۲ بزرگی کرهٔ زمین

طبیعت و قوانین طبیعت در دل شب پنهان شده‌اند؛ خداوند گفت بگذار نیوتن باشد و همه جا را روشنی گرفت.

ـ الگزاندر پوپ

# ۴ اندازه‌گیری‌ها

اگر قرار می‌شد شما دوستانه‌ترین گردش علمی تاریخ را برگزینید، مطمئناً سفر سال ۱۷۳۵ هیأت اعزامی آکادمی سلطنتی فرانسه به کشور پرو را ترجیح می‌دادید. این هیأت به رهبری یک زمین شناس به نام پییر بوگر و یک نظامی ریاضیدان به نام شارل ماری دو لا کوندامین گروهی از دانشمندان و ماجراجویانی را دربر می‌گرفت که با هدف مثلث‌بندی مسافت‌های بین کوه‌های آند به کشور پرو سفر کردند.

در آن روزگار تب اشتیاق به شناخت هر چه بیشتر کرهٔ زمین ــ تعیین عمر و بزرگی آن، موقعیت آن در فضا و چگونگی پیدایش آن ــ به تازگی همه‌گیر شده بود. هدف هیأت اعزامی فرانسوی‌ها کمک به پیدا کردن پاسخ برای مسألهٔ محیط کرهٔ زمین با اندازه‌گیری طول یک درجهٔ نصف‌النهار (یا یک سیصد و شصتم محیط کرهٔ زمین) در امتداد خطی بود که از یاروکی در نزدیکی کیتو آغاز می‌شد و تا آن سوی کوئنکا در محلی که اکوادور امروزی است ادامه می‌یافت، و فاصله‌ای در حدود دویست مایل را در بر می‌گرفت.*

---

* مثلث‌بندی یعنی روش برگزیده توسط اعضای هیأت، روشی معمول بر اساس این واقعیت هندسی بود که اگر طول یک ضلع مثلث و زوایای دو گوشهٔ آن را بدانیم می‌توانیم بدون بلند شدن از روی صندلی خودمان تمام دیگر ابعاد آن را محاسبه و پیدا کنیم. مثلاً فرض کنید من و شما تصمیم می‌گیریم مسافت بین کرهٔ زمین و کرهٔ ماه را پیدا کنیم. در استفاده از مثلث‌بندی، نخستین کار این است که بین خودمان یک فاصله تعیین کنیم، بنابراین، از باب استدلال، فرض کنیم که شما در پاریس می‌مانید و من به مسکو می‌روم و هر دو همزمان به کرهٔ ماه نگاه می‌کنیم. حال اگر خطی را تصور کنید که سه نقطهٔ اصلی این تمرین ــ یعنی شما، من و کرهٔ ماه ــ را به هم وصل کند یک مثلث تشکیل می‌شود. اگر طول خط قاعدهٔ بین خودتان و من و دو زاویهٔ مربوط به دو گوشهٔ خودتان و من را اندازه‌گیری کنید باقی ماندهٔ ابعاد را به راحتی می‌توان محاسبه کرد. (از آنجا که جمع زاویه‌های داخلی مثلث همیشه ۱۸۰ درجه است، اگر جمع دو زاویه را بدانید بلافاصله می‌توانید زاویهٔ سوم را محاسبه کنید؛ و با دانستن

تقریباً به شکلی ناگهانی، همه چیز برهم خورد، که گاهی خیلی تماشایی می‌شد. در شهر کیتو، اعضای هیأت گاهی موجب تحریک اهالی می‌شدند به طوری که گروهی سنگ‌پران به دنبال ایشان می‌افتادند و تا بیرون شهر تعقیب شان می‌کردند. اندکی از ورود هیأت نگذشته بود که پزشک هیأت در یک سوءتفاهم بر سر ارتباط با یک زن به قتل رسید. گیاه‌شناس هیأت دیوانه شد. چند نفر دیگر بر اثر تب و سقوط از بلندی و غیره مردند. سومین عضو ارشد گروه که مردی به نام ژان گودن بود با یک دختر سیزده ساله گریخت و به هیچ طریقی حاضر به بازگشت نشد.

در یک مورد، گروه مجبور شد کارهای خود را به مدت هشت ماه معلق سازد چون لا کوندامین با کسب اجازه از سایر اعضا برای حل یک مسأله عازم لیما شده بود. سرانجام، او و بوگر از حرف زدن و کار کردن با یکدیگر خودداری کردند. گروه تحلیل رفته به هر جا که پا می‌گذاشت با شدیدترین بدبینی مقاماتی روبرو می‌شد که به سختی می‌توانستند باور کنند گروهی دانشمند فرانسوی بخواهند نیمی از جهان را برای اندازه‌گیری جهان طی کنند و تا پرو بروند. این کار هیچ معنی و مفهومی نداشت. دویست و پنجاه سال بعد، این پرسش همچنان منطقی به نظر می‌رسد. راستی، چرا فرانسوی‌ها این اندازه‌گیری را در فرانسه انجام ندادند که از این همه دردسر و ناراحتی‌های ناشی از ماجراجویی در کوه‌های آند نیز نجات پیدا کنند؟

پاسخ تا حدودی در این واقعیت است که دانشمندان سدهٔ هیجدهم، بویژه فرانسوی‌ها، در صورتی که راهی نهفته بی‌جهت دشوار و پر دردسر برای کار وجود می‌داشت از انتخاب راه‌های ساده خودداری می‌کردند و تا حدودی نیز از مسألهٔ خاصی ناشی می‌شد که نخستین‌بار و سال‌ها پیش ـ خیلی پیش از آنکه بوگر و لا کوندامین رؤیای سفر به آمریکای جنوبی را در سر بپرورانند ـ برای ادمند هالی اخترشناس انگلیسی پیش آمده بود و او هم دلیل چندانی برای کار خودش نداشت.

---

شکل دقیق مثلث و طول یک ضلع آن می‌توان طول دو ضلع دیگر را پیدا کرد.) این، در اصل، روشی بود که یک منجم یونانی به نام ابرخس نیقیه‌ای در سال ۱۵۰ پیش از میلاد برای تعیین فاصلهٔ کرهٔ ماه از زمین به کاربرد. در سطح زمین نیز اصول مثلث‌بندی همین است با این تفاوت که مثلث‌ها به فضا نمی‌رسند بلکه روی یک نقشه درکنار هم قرار می‌گیرند. برای اندازه‌گیری درجهٔ نصف‌النهار، نقشه‌بردارها نوعی زنجیرهٔ مثلثی می‌سازند که در زمین مقابل‌شان به حرکت در می‌آید.

هالی شخصیتی استثنایی بود. او در جریان عمر طولانی و پُرحاصلش به کارهایی چون ملوانی، نقشه‌برداری، استادی رشتهٔ هندسه در دانشگاه آکسفرد، معاون مالی ضرابخانهٔ سلطنتی، ستاره‌شناسی برای دربار، و اختراع ماسک مخصوص غواصی در اعماق دریا اشتغال داشت. مطاب مستدلی دربارهٔ مغناطیس، جذر و مد و حرکات سیارات و بویژه با شیفتگی بسیار دربارهٔ اثرات تریاک می‌نوشت. نقشهٔ هواشناسی و جدول کارشناسی بیمه‌ای را اختراع کرد، روش‌هایی برای محاسبه و تعیین عمر کرهٔ زمین و فاصلهٔ آن از خورشید پیشنهاد کرد، حتی روشی برای تازه نگه‌داشتن ماهی در خارج از فصل مصرف آن ابداع کرد. نکتهٔ جالب اینجاست که کاری که او انجام نداد کشف ستارهٔ دنباله‌داری است که به نام او نامگذاری شده است. او فقط متوجه شد ستارهٔ دنباله‌داری که در سال ۱۶۸۲ مشاهده کرد همان ستاره‌ای بود که دیگران در سال‌های ۱۴۵۶، ۱۵۳۱، و ۱۶۰۷ مشاهده کرده بودند. این ستاره تا سال ۱۷۵۸ یعنی شانزده سال پس از مرگ هالی، به نام وی درنیامده بود.

بزرگ‌ترین کمک هالی به دانش بشر، علیرغم تمام دستاوردهای دیگرش، به احتمال زیاد شرکت داشتن او در یک شرطبندی متواضعانهٔ علمی با دو دانشمند نام‌آور آن روزگار بوده است: رابرت هوک که امروز در درجهٔ نخست به عنوان نخستین تشریح کنندهٔ سلول از او نام برده می‌شود، و سر کریستوفر رن دانشمند بزرگ و والامنش که در درجهٔ نخست یک اخترشناس و در درجهٔ دوم یک معمار بود که از این شغل اخیرش دیگر عموماً نامی به میان نمی‌آید. در سال ۱۸۶۳ هالی، هوک و رن در لندن مشغول شام خوردن بودند که دامنهٔ موضوع صحبت‌شان به حرکات اجرام آسمانی کشیده شد. دانشمندان تا آن زمان به این نکته پی برده بودند که سیارات معمولاً به گردش در نوع خاصی از مدار بیضی شکل ـ «یک منحنی بسیار خاص و دقیق» به گفتهٔ ریچارد فاینمن ـ تمایل دارند ولی علت آن بر هیچ یک از دانشمندان روشن نشده بود. کریستوفر رن، سخاوتمندانه جایزه‌ای به ارزش چهل شیلینگ (معادل حقوق دو هفته) برای کسی تعیین کرد که بتواند راه حل را پیدا کند.

هوک که به تصاحب اندیشه‌هایی که الزاماً به خود او تعلق نداشتند معروف بود مدعی شد که قبلاً این مسأله را حل کرده است ولی در حال حاضر از طرح آن

به این دلیل جالب و مخترعانه خودداری می‌کند تا مبادا دیگران از احساس رضایت شخصی حاصل از کشف پاسخ برای خودشان محروم شوند. به جای این کار، «راه حل خود را مدتی پنهان نگاه می‌دارد تا دیگران بتوانند به‌طرز ارزش‌گذاری آن پی‌ببرند.» اگر بیش از این دربارهٔ موضوع می‌اندیشید هیچ مدرکی از آن بر جا نمی‌گذاشت اما هالی، تمام توان خود را برای پیداکردن پاسخ به کار گرفت، به طوری که سال بعد به کیمبریج سفر کرد و با جسارت تمام به سراغ آیزک نیوتن استاد ریاضیات آن دانشگاه رفت و از او کمک خواست.

نیوتن شخصیتی آشکارا غیرعادی داشت ــ بیش از اندازه استثنایی اما تک‌رو، سرد، بدعنق تا حد پارانویا، به حواس پرتی (گفته‌اند به محض بیرون آوردن پاهایش از زیر رختخواب در هر بامداد، گاهی بر اثر یورش ناگهانی اندیشه‌های گوناگون به مغزش ساعت‌ها در جای خود می‌نشست)، و انجام دادن شگفت‌انگیزترین کارهای غیرعادی معروف بود. آزمایشگاه خصوصی خود را به دست خودش ساخت، که نخستین آزمایشگاه دانشگاه کیمبریج به شمار می‌رفت، اما پس از آن به باور نکردنی‌ترین آزمایش‌ها دست زد. یک‌بار، یک سنجاق بندکش ــ سوزنی دراز مشابه به سوزن چرم‌دوزها ــ را در کاسهٔ چشم خود، بین «چشم و استخوان کاسهٔ چشم و تا حد ممکن نزدیک به عقب چشم» خود فرو برد و به اطراف چرخانید تا ببیند چه تغییری پیش می‌آید. به طرزی معجزه‌آسا، هیچ اتفاقی نیفتاد ــ دست‌کم هیچ اتفاق ماندگاری نیفتاد. در یک مورد دیگر، مدتی بس طولانی و تا جایی که می‌توانست تاب بیاورد به خورشید خیره شد تا ببیند این کار چه تأثیری بر بینایی او خواهد گذاشت. این بار نیز از آسیب‌دیدگی ماندگار جان به در برد، هر چند مجبور شد چند روزی در یک اتاق تاریک بماند تا چشمانش به وضعیت عادی بازگردند.

اما آنچه برفراز تمام این باورهای غیرعادی و خصوصیات نامتعارف قرار داشت، مغز یک نابغهٔ بزرگ بود ــ هر چند او حتی وقتی در مسیرهای سنتی به کار می‌پرداخت نیز نوعی گرایش به خارق‌العادگی از خود بروز می‌داد. در سال‌های دانشجویی، به علت نومیدی از محدودیت‌های ریاضیات سنتی، یک شکل تماماً جدید به نام حسابان ابداع کرد اما تا بیست و هفت سال بعد چیزی دربارهٔ آن به کسی نگفت. به همین طریق، کارهایی در زمینهٔ نورشناخت انجام داد

که به تغییرات بنیادی در شناخت نور توسط انسان انجامید و پایه‌های علم طیف‌نمایی را بنیان گذاشت، و این بار نیز بر آن شد که تا سی سال چیزی دربارهٔ آن به کسی نگوید.

علیرغم تمام استعداد درخشانی که نیوتن داشت، علم واقعی فقط بخشی از علایق او را تشکیل می‌داد. دست کم نیمی از عمر نیوتن به کیمیاگری و کارهای خودسرانهٔ مذهبی سپری شد. این کارها را نه در حد تماس سطحی با دین بلکه در قالب عبادات قلبی انجام می‌داد. او از هواداران سرّی یک فرقهٔ بدعت‌گذار و خطرناک به نام آریانیسم بود. از جمله اعتقادات این فرقه آن است که اصولاً چیزی به نام تثلیث مقدس (Holy Trinity) وجود نداشته است (که البته اندکی طنزآمیز می‌نماید، چون کالج نیوتن در کیمبریج آن روزی هم Trinity نام داشت). او ساعات طولانی به مطالعهٔ نقشهٔ طبقهٔ همکف معبد گمشدهٔ سلیمان در بیت‌المقدس پرداخت (ضمناً به خودش زبان عبری یاد می‌داد تا بهتر بتواند در متن‌های اصلی به تحقیق بپردازد) با این اعتقاد که سرنخ‌های ریاضی لازم برای پیدا کردن تاریخ دومین بازگشت عیسی و پایان جهان را در آن پیدا کند. دلبستگی او به کیمیاگری از این هم شدیدتر بود. جان مینارد کینز اقتصاددان در سال ۱۹۳۶ یک چمدان پر از نوشته‌های نیوتن را در یک حراجی خرید و با کمال شگفتی متوجه شد که محور اصلی موضوع این نوشته‌ها را نه علم نورشناخت یا حرکات سیارات بلکه کنکاشی یک‌تنه در راه تبدیل فلزات پست به فلزات قیمتی تشکیل می‌دهد. تجزیهٔ یک رشته از موی سر نیوتن در دههٔ ۱۹۷۰-۷۹ نشان داد که جیوه ــ عنصر مورد علاقهٔ کیمیاگران، کلاهدوزان و دماسنج‌سازان و نه هیچ کس دیگر ــ در آن وجود دارد آن هم با غلظتی چهل برابر سطح طبیعی غلظت این عنصر. بنابراین، هیچ شگفتی‌آور نیست که او به سختی می‌توانست به یاد بیاورد که بامدادان باید بیدار شود و از بستر خارج گردد.

اینکه هالی در دیدار اعلام نشده‌اش با نیوتن در ماه اوت سال ۱۶۸۴ می‌خواسته است چه چیزی از او بگیرد از دایرهٔ حدس و گمان خارج نیست. اما در سایهٔ آنچه بعدها آبراآم دو مواور از افراد مورد اعتماد نیوتن نوشت، یکی از تاریخی‌ترین مواجهه‌های علم در اختیارما قرار دارد:

در سال ۱۶۸۴ دکتر هالی به دیدار او در کیمبریج آمد [و] پس از آنکه آن دو مدتی با هم گذراندند دکتر هالی از او پرسید به گمان او منحنی رسم شده توسط سیارات با فرض اینکه نیروی کشش به سوی خورشید عکس مربع فاصلهٔ آن‌ها از خورشید است چگونه خواهد بود.

این، اشاره‌ای بود به بخشی از ریاضیات که قانون مربع معکوس نامیده می‌شود و به اعتقاد هالی، محور اصلی توضیح به شمار می‌رود، اما خودش از چگونگی آن مطمئن نبود.

سر آیزک بی‌درنگ پاسخ داد که منحنی مزبور یک (بیضی) است. دکتر که از شادی و شگفتی به هیجان آمده بود از او پرسید از کجا می‌داند. نیوتن گفت: «چرا، چون من آن را محاسبه کرده‌ام،» که هالی بلافاصله از او خواست که بی‌درنگ محاسباتش را به او نشان دهد. سر آیزک در میان نوشته‌هایش به جستجو پرداخت ولی نتوانست آن را پیدا کند.

این خیلی عجیب بود ـ درست مانند کسی که می‌گوید دارویی برای معالجهٔ سرطان پیدا کرده است اما نمی‌تواند به یاد بیاورد که فرمول آن را کجا گذاشته است. نیوتن که توسط هالی زیر فشار قرار گرفته بود پذیرفت که محاسبات مزبور را از نو انجام دهد و مقاله‌ای در آن مورد بنویسد. او به عهدش وفا کرد، اما خیلی بیش از آنچه قول داده بود عمل کرد. دو سال از عمرش را در یک گوشهٔ خلوت به تفکر و نوشتن گذراند و سرانجام، شاهکار خود را به جهان علم تقدیم کرد: کتاب اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) معروف به اصول.

هر چند وقت یک بار در تاریخ بشر، پس از مدت‌های طولانی، مغزی پیدا می‌شود و نظریه‌ای چنان دقیق و غیرقابل پیش‌بینی مطرح می‌کند که کسی در آن لحظه نمی‌تواند بگوید کدام یک شگفتی انگیزتر است ـ واقعیت یا اندیشیدن به آن. کتاب اصول نیوتن یکی از آن گونه لحظات بود. این کتاب موجب شهرت ناگهانی نیوتن شد. نیوتن از آن لحظه تا پایان عمرش غرق در تحسین و افتخار بود و از جمله اینکه نخستین شخص در بریتانیا بود که به واسطهٔ دستاوردهای علمی‌اش عنوان سِر (Sir) دریافت کرد. حتی گوتفرید فون لایب‌نیتز ریاضی‌دان بزرگ آلمانی که از مدت‌ها پیش بر سر حق اولویت در ابداع حسابان با نیوتن درگیر پیکاری طولانی و تلخ شده بود، دستاوردهای نیوتن برای علم ریاضیات را

با تمام کارهای انباشتهٔ ریاضی‌دانان دیگر از آغاز تا آن روز برابر دانست. هالی با احساساتی که بعدها توسط هم‌عصرانش و بسیاری انسان‌های دیگر تکرار شد، چنین گفت: «هیچ انسان فانی نمی‌تواند از این به خدا نزدیکتر شود.»

با آنکه از کتاب اصول با عبارت «یکی از غیرقابل دسترس‌ترین کتاب‌هایی که تاکنون نوشته شده است» تعریف و تمجید می‌شود (نیوتن آن را عمداً چنین دشوار نوشت تا به قول خودش ریاضی‌دان‌نماها به او پیله نکنند)، برای کسانی که می‌توانستند مطالبش را درک و دنبال کنند حکم یک فانوس دریایی را داشت. در این کتاب نه فقط مدارهای اجرام آسمانی به زبان ریاضی شرح داده می‌شد بلکه نیروی جاذبه‌ای که آن‌ها را در درجهٔ اول به حرکت در آورده بود نیز مشخص می‌گردید ــ گرانش. ناگهان، هر حرکتی در کائنات معنی پیدا کرد.

محور بحث نیوتن در کتاب اصول، سه قانون او دربارهٔ حرکت (که به طور صاف و پوست کنده می‌گویند هر چیزی در جهتی حرکت می‌کند که در همان جهت به پیش رانده شود؛ همچنان به حرکت در خط مستقیم ادامه خواهد داد تا آنکه نیروی دیگری بر آن وارد و موجب کنده شدن یا منحرف شدن آن از مسیرش بشود؛ و هر کنش، واکنشی برابر دارد) و قانون عمومی گرانش او بود. بر طبق این قانون، هر شیء موجود در کائنات اثر کششی بر هر شیء دیگر دارد. ممکن است چنین به نظر نرسد، اما شما که اکنون در اینجا نشسته‌اید هر آنچه را که در اطراف‌تان است ــ دیوارها، سقف، لامپ، گربهٔ خانگی ــ به وسیلهٔ میدان گرانشی کوچک (واقعاً کوچک) خودتان به سوی خود می‌کشید. و این چیزها نیز شما را به سوی خود می‌کشند. این نیوتن بود که تشخیص داد نیروی کشش هر دو شیء به گفتهٔ فاینمن «با جرم هر یک نسبت مستقیم دارد و به صورت مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت معکوس پیدا می‌کند.» به عبارت دیگر، اگر فاصلهٔ بین دو شیء را دو برابر کنید، نیروی کشش بین آن دو چهار برابر ضعیف‌تر می‌شود. این واقعیت را می‌توان با فرمول زیر بیان کرد:

$$F = \frac{GMM^1}{r^2}$$

که البته خیلی با آنچه ما بتوانیم عملاً به کار بگیریم فاصله دارد، اما دست کم می‌توان دریافت که به طرز ظریفی فشرده است. با انجام چند عمل ضرب و یک

تقسیم، می‌توانید از وضعیت گرانشی خودتان به هر جایی که می‌روید سر درآورید. این قانون، عملاً نخستین قانون عام طبیعت بود که به وسیلهٔ یک مغز انسانی اعلام می‌شد و به همین دلیل است که نیوتن از چنین احترامی در سراسر جهان برخوردار گردید.

انتشار کتاب اصول خالی از ماجرا نبود. بیش از همه موجب عصبانیت شدید هالی گردید، چون درست در زمانی که کار نیوتن به پایان خود نزدیک می‌شد نیوتن و هوک بر سر حق اولویت مربوط به قانون مربع معکوس با هم اختلاف پیدا کردند و نیوتن از انتشار جلد سوم که جنبه‌ای بسیار حساس و مهم داشت و بدون آن درک دو جلد نخست دشوار می‌شد خودداری کرد. هالی فقط با استفاده از نوعی دیپلماسی شتابزده رفت و برگشتی و به‌کارگرفتن انواع تملق‌ها توانست جلد سوم را از زندان این استاد دمدمی مزاج برهاند.

ضربه‌های روانی وارد بر هالی تا مدت‌ها بعد بر طرف نشد. انجمن سلطنتی قول داده بود که این کتاب را منتشر کند، اما این بار خود را به بهانه‌های مالی عقب کشید. یک سال پیش، همین انجمن از یک کتاب ناموفق اما پُرهزینه به نام تاریخ ماهی‌ها پشتیبانی کرده بود و این بار نگران آن بودند که اشتیاق بازار به خرید کتابی دربارهٔ اصول ریاضی از آن هم کمتر باشد. هالی که امکانات مالی چندان چشمگیری نداشت، هزینه‌های انتشار کتاب را از جیب خود پرداخت. نیوتن طبق معمول دیناری پول نپرداخت. از همه بدتر آنکه هالی همزمان با انتشار این کتاب، به مقام منشی انجمن رسید ولی انجمن به او اطلاع داد که برخلاف وعده‌اش نمی‌تواند حقوق ماهانهٔ ۵۰ پاوند به او بپردازد. به جای پول، قرار شده بود نسخه‌های چاپ شدهٔ کتاب تاریخ ماهی‌ها را به هالی بدهند.

در قوانین نیوتن به قدری چیزهای گوناگون تبیین شده بودند ــ لمبر خوردن و غلتیدن امواج اقیانوس‌ها، حرکات سیارات، چرا گلوله‌های توپ از مسیرهای خاص پیش از اصابت به زمین پیش می‌روند، چرا ما بر اثر چرخیدن کرهٔ زمین زیر

پای‌مان با سرعتی معادل صدها مایل در ساعت به فضا پرتاب نمی‌شویم* ــ که مدت‌ها طول کشید تا معانی آن‌ها برای مردم روشن شود. اما یکی از پیش‌گویی‌های نیوتن تقریباً بلافاصله به مجادلات بسیار دامن زد.

این پیش‌گویی همان بود که نیوتن در آن می‌گفت کرهٔ زمین به طور کامل گِرد نیست. بر طبق نظریهٔ نیوتن، نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش کرهٔ زمین موجب اندکی تخت شدگی در قطب‌ها و اندکی برآمدگی در منطقهٔ استوا می‌شود، که همین کرهٔ زمین را اندکی پخ می‌کند. این بدان معنی است که طول یک درجه در ایتالیا با طول یک درجه در اسکاتلند برابر نیست. به ویژه آنکه با دور شدن از قطب‌ها چیزی از طول کم نمی‌شود. این خبر برای کسانی که اندازه‌گیری‌هاشان را در سطح کرهٔ زمین بر این فرض استوار کرده بودند که کرهٔ زمین یک کرهٔ کامل است، هیچ خوش‌آیند نبود. منظور از این کسان، همهٔ دست‌اندرکاران بود.

افراد تا پنجاه سال می‌کوشیدند اندازهٔ کرهٔ زمین را در درجهٔ نخست با توسل به اندازه‌گیری‌های دقیق تعیین کنند. یکی از نخستین کوشش‌های به عمل آمده در این راه، اندازه‌گیری‌هایی بود که ریچارد نورورود ریاضی‌دان انگلیسی انجام داد. نورورود در سال‌های جوانی به همراه یک ماسک غواصی مشابه زنگ غواصی هالی به برمودا سفر کرده بود و قصد داشت با خارج کردن مقداری مروارید از بستر دریا ثروتمند شود. این نقشه به شکست انجامید زیرا در آنجا اثری از مروارید نبود و ماسک غواصی نورورود هم درست کار نکرد، ولی نورورود از کسانی نبود که این آزمایش را به هدر دهد. در اوایل سدهٔ هفدهم برمودا به نقطه‌ای دشوار برای شناسایی در نزد ناخدایان کشتی‌ها معروف بود. مشکل اینجا بود که اقیانوس بزرگ و برمودا کوچک بود و ابزارهای دریانوردی لازم برای این اختلاف بزرگ نیز به طرز نومید کننده‌ای ناکافی بود. در آن زمان، هنوز توافقی در مورد طول مایل دریایی حاصل نشده بود. در سراسر پهنای یک اقیانوس، کوچکترین خطای محاسباتی چنان بزرگ می‌شد که کشتی‌ها معمولاً هدف‌هایی به ابعاد برمودا را با فاصله‌های نومید کننده‌ای گم می‌کردند. نورورود که سال‌ها

---

* اینکه شما با چه سرعتی می‌چرخید بستگی دارد به اینکه در کجا قرار گرفته باشید. سرعت چرخش کرهٔ زمین از اندکی بیش از ۱٫۰۰۰ مایل در ساعت در خط استوا تا صفر در قطب‌ها متغیر است.

قبل شیفتهٔ هندسه و زوایای هندسی شده بود تصمیم گرفت بخشی از قدرت ریاضیات را به عرصهٔ دریانوردی وارد کند و بدین منظور بر آن شد که طول یک درجه را محاسبه کند.

نوروود که کارش را در حالت تکیه داده به برج لندن آغاز کرد، دو سال تمام از عمرش را صرف پیمودن مسافتی ۲۰۸ مایلی به سوی یورک در شمال بریتانیا کرد، و در این ضمن یک زنجیر را بارها و بارها روی زمین گستراند و اندازه‌گیری کرد، و در سراسر این کار، محاسبات دقیق مربوط به تفاوت‌های ناشی از پستی و بلندی زمین و انحناهای مسیر را موشکافانه انجام داد و اعمال کرد. آخرین گام، اندازه‌گیری زاویهٔ خورشید در یورک در همان ساعت از روز و همان روز از سال بود که به هنگام نخستین اندازه‌گیری در لندن انجام داده بود. استدلال او این بود که با استفاده از نتیجهٔ این اندازه‌گیری خواهد توانست طول یک درجه از نصف‌النهار زمین را تعیین و بدین ترتیب فاصلهٔ دور تا دور کل آن را محاسبه کند. این اقدام، به طرز مضحکی بلندپروازانه به نظر می‌رسید ــ اما در واقع، همچنان که خود نوروود با غرور اعلام کرد، دقتش «در حد ششصد یارد» بوده است. به زبان سیستم متری، او به رقم ۱۱۰/۷۲ کیلومتر برای هر درجهٔ قوس رسید.

شاهکار دریانوردی نوروود به نام راهنمای ملوان، در سال ۱۶۳۷ انتشار یافت و بلافاصله با استقبال روبرو شد. این کتاب هفده بار چاپ شد و بیست و پنج سال پس از مرگش نیز همچنان چاپ و منتشر می‌شد. نورووود به همراه خانواده‌اش دوباره به برمودا بازگشت، در کار کشاورزی با موفقیت روبرو شد و بیشترین ساعات فراغت‌اش را به نخستین عشق خود یعنی علم هندسه اختصاص داد. او تا سی و هشت سال بعد در آنجا زندگی کرد و جالب می‌بود اگر گزارش می‌شد که او این دوره را یکسره به شادمانی و تملق‌گویی گذراند. در واقع چنین نکرد. هنگام سفر دریایی از انگلستان، دو پسر جوانش با کشیش ناتانیل وایت در یک کابین همسفر شدند، و این کار چنان ضربهٔ روحی بزرگی بر آن کشیش جوان وارد کرد که او بیشترین سال‌های باقی ماندهٔ عمرش را صرف تعقیب نورووود به هر طریق ممکن و در تمام جزییات کرد.

دو دختر نورووود با ازدواج‌های ناسنجیده‌شان موجبات دردسرهای بیشتر برای پدرشان شدند. یکی از شوهران این دو دختر، احتمالاً به تحریک آن کشیش

دایماً به دادگاه مراجعه و اتهامات کوچک علیه نوروود مطرح می‌کرد، موجب عصبانیت او می‌شد و مجبورش می‌کرد که پشت سرهم برای دفاع از خودش از این سر برمودا به آن سر برمودا سفر کند. سرانجام، تعقیب و محاکمهٔ جادوگران در دههٔ ۱۶۵۰-۵۹ در برمودا آغاز شد و نوروود آخرین سال‌های عمرش را در سخت‌ترین شرایط سپری کرد زیرا تمام نوشته‌های او دربارهٔ علم هندسه به اضافه علامت‌های اسرارآمیز به کار رفته در آن‌ها به عنوان مدارک ارتباط داشتن با شیطان مورد استفاده قرار گرفت، که مجازات آن یک اعدام مخوف بود. اطلاعات ما دربارهٔ نورووود به قدری اندک است که در واقع می‌توان احتمال داد که وی سزاوار روزگاری چنین اندوهبار و کشنده در آخرین سال‌های عمرش نبوده است. آنچه بدون تردید حقیقت دارد این است که او تمام این تلخی‌ها را تجربه کرد.

در این ضمن، تکانهٔ تعیین محیط کرهٔ زمین به فرانسه رسید. در آنجا، ژان پیکار اخترشناس، روشی جالب و بغرنج برای مثلث‌بندی شامل استفاده از ربع دایره، ساعت‌های پاندولی، قطاع دایرهٔ سمت الرأس و تلسکوپ (برای مشاهدهٔ حرکات ماه‌های مشتری) ابداع کرد. در سال ۱۶۶۹، به دنبال دو سال سفر پر زحمت و مثلث‌بندی مسیرش در سراسر فرانسه، رقم دقیق‌تر ۱۱۰/۴۶ کیلومتر را برای یک درجه از قوس زمین اعلام کرد. این به تقویت احساس غرور فرانسویان کمک کرد، اما بر این فرض استوار بود که گویا کرهٔ زمین یک کرهٔ کامل است ــ که در همان زمان نیوتن گفته بود چنین نیست.

آنچه موجب پیچیده‌تر شدن مسایل گردید این بود که پس از مرگ پیکار، گروه پدر و پسری به‌نام جووانی و ژاک کاسینی آزمایش‌های پیکار را در منطقه‌ای وسیع‌تر تکرار کردند و به نتایجی رسیدند که نشان می‌داد کرهٔ زمین نه تنها در منطقهٔ خط استوا بلکه در منطقهٔ قطب‌ها هم چاق‌تر است ــ به بیان دقیق‌تر یعنی اینکه نیوتن یکسره در اشتباه بوده است. همین نتیجه‌گیری بود که آکادمی علوم را بر آن داشت که بوگر و لا کوندامین را برای انجام اندازه‌گیری‌های جدید به آمریکای جنوبی اعزام کند.

آن‌ها به این علت منطقهٔ کوه‌های آند را انتخاب کردند که می‌بایست اندازه‌گیری‌های خود را در جایی نزدیک به خط استوا انجام می‌دادند تا ثابت

کنند حقیقتاً تفاوتی در کرویت زمین در آنجا وجود دارد یا نه، و از طرف دیگر استدلال می‌کردند که میدان دیدشان در کوه‌ها بسیار خوب می‌شود. اما در واقع، کوه‌های کشور پرو چنان پیوسته در زیر ابرها پنهان می‌شدند که اعضای گروه گاهی مجبور می‌شدند هفته‌ها منتظر بمانند تا امکان یک ساعت نقشه‌برداری در آسمان شفاف را به دست آورند. گذشته از این، آن‌ها یکی از تقریباً ناممکن‌ترین زمین‌های سطح کرهٔ زمین را بدین منظور انتخاب کرده بودند. خود پرویی‌ها از طبیعت و کوهستان‌های‌شان با عبارت *muy accidentado* (سرزمین پر حادثه) نام می‌برند، که با اطمینان تمام می‌توان گفت چنین است. فرانسوی‌ها نه فقط مجبور بودند برخی از چالش‌انگیزترین کوه‌های جهان را اندازه‌گیری کنند ـ کوه‌هایی که حتی قاطرها در برابرشان از پا در می‌آمدند ـ بلکه برای رسیدن به آن کوه‌ها مجبور بودند از رودهای خروشان و از لابه لای جنگل‌های انبوه بگذرند و مسافت چندین مایلی بیابان مرتفع و سنگلاخی را بپیمایند، آن هم بدون در اختیار داشتن نقشه و دوری از منابع تأمین خورد و خوراک.

اما بوگر و لا کوندامین انسان‌هایی فراتر از سرسخت بودند و توانستند این وظیفه را در طی نه سال و شش ماه تمام در آب و هوای بد و تابش سوزانندهٔ خورشید به انجام برسانند. آن‌ها اندکی پیش از به پایان رساندن این پروژه خبردار شدند که یک گروه فرانسوی دیگر که در شمال کشورهای اسکاندیناوی به اندازه‌گیری مشغول بود (ضمن مواجهه با دشواری‌های بزرگ خاص خود، از پیمودن مسیرهای لجن‌زار تا تخته‌یخ‌های شناور) به این نتیجه رسیده است که یک درجهٔ نصف‌النهار، همچنان که نیوتن گفته و پیش بینی کرده بود، در نزدیکی قطب‌های زمین طولانی‌تر می‌شود. کرهٔ زمین وقتی در منطقهٔ خط استوا اندازه‌گیری شود چهل و سه کیلومتر چاق‌تر از موقعی است که از بالا به پایین در اطراف قطب‌ها اندازه‌گیری شود.

بدین ترتیب بوگر و لا کواندمین نزدیک به ده سال از عمرشان را صرف رسیدن به نتیجه‌ای کرده بودند که نمی‌خواستند محض اطلاع از اینکه خودشان حتی نخستین کسانی نیستند که به چنان نتیجه‌ای رسیده‌اند به آن برسند. آن‌ها کارهای نقشه‌برداری خود را از روی بی‌حوصلگی به پایان رساندند، که درست بودن کارهای نخستین گروه فرانسوی را اثبات کرد. آنگاه در حالی که هنوز هم با هم قهر بودند به

ساحل بازگشتند و بر کشتی‌های جداگانه نشستند و به فرانسه مراجعت کردند.

چیز دیگری که نیوتن در کتاب اصول خود احتمال داده بود این بود که اگر یک سکهٔ سربی در نزدیکی کوهی آویخته شود تحت تأثیر جرم گرانشی کوه و جرم گرانشی کرهٔ زمین، اندکی به طرف کوه متمایل می‌شود. این چیزی بمراتب بیش از یک نکتهٔ شگفتی‌انگیز بود. اگر زاویهٔ انحراف را دقیقاً اندازه‌گیری و جرم کوه را پیدا کنید می‌توانید ثابت گرانشی عام ــ یعنی عدد پایهٔ گرانش یا G ــ و همراه با آن جرم کرهٔ زمین را محاسبه کنید.

بوگر و لا کوندامین کوشیده بودند این کار را بر قلهٔ آتشفشان خاموش چیمبورازو در کشور پرو انجام دهند ولی بر اثر دو عامل مشکلات فنی و اختلاف بین خودشان نتوانستند در آن موفق شوند و به همین علت، نظریهٔ مذکور تا یک دورهٔ سی سالهٔ دیگر مسکوت ماند تا آنکه از نو توسط نویل مسکیلین اخترشناس دربار انگلستان زنده شد. مسکیلین در کتاب خانم داوا سابل با عنوان طول جغرافیایی به علت عدم درک استعداد درخشان جان هریسن ساعت ساز سویسی، به صورت یک احمق تبهکار معرفی شده است که ممکن است چنین باشد. ولی ما به طرق دیگری مدیون او هستیم که در این کتاب به آن‌ها اشاره نمی‌شود، که در درجهٔ نخست می‌توان به نقشهٔ موفقیت‌آمیز او برای تعیین وزن کرهٔ زمین اشاره کرد. مسکیلین تشخیص داد که محور مسأله، پیدا کردن کوهی دارای شکل منظم برای تعیین جرم آن است.

انجمن سلطنتی به اصرار او پذیرفت که شخصی قابل اعتماد را مأمور سیاحت به گرد جزایر بریتانیا کند تا ببیند چنین کوهی در کجا وجود دارد. مسکیلین درست یک چنین شخصی را می‌شناخت ــ و آن چارلز میسن اخترشناس و نقشه‌بردار بود. مسکیلین و میسن یازده سال پیش ضمن کار در پروژه‌ای برای اندازه‌گیری یک رویداد بسیار مهم نجومی با یکدیگر آشنا شده بودند: عبور سیارهٔ زهره از برابر خورشید. ادمند هالی خستگی‌ناپذیر، سال‌ها قبل پیشنهاد کرده بود که اگر بتوان یکی از این گذرها را از چند نقطهٔ انتخابی در روی کرهٔ زمین اندازه‌گیری کرد، می‌توان از اصول مثلث‌بندی برای پیدا کردن

فاصلهٔ زمین تا خورشید استفاده کرد و از روی آن فواصل تمام دیگر سیارات و اجرام منظومهٔ شمسی تا زمین را تعیین کرد.

متأسفانه گذرهای زهره، همچنان که می‌دانیم، به شکلی غیرمنظم انجام می‌شود. آن‌ها دوتایی با یک فاصلهٔ هشت ساله در این مدارها ظاهر می‌شوند، اما پس از آن تا یک سده یا بیشتر اثری از آن‌ها دیده نمی‌شود، و در طی عمر هالی نیز چنین چیزی اصولاً رخ نداد.* اما این فکر بی سر و صدا به حیات خود ادامه می‌داد و وقتی گذر بعدی در سال ۱۷۶۱ یعنی نزدیک به بیست سال پس از مرگ هالی رخ داد، دنیای علم آمادگی لازم را پیدا کرده بود ــ به عبارت دقیق‌تر، آماده‌تر از سال‌های گذشته برای مواجهه با یک رویداد اخترشناسی.

دانشمندان با برخورداری از غریزهٔ گشتن به دنبال رنج و عذاب که از خصوصیات آن روزگار بود، بیش از صد نقطه را در کرهٔ زمین هدف قرار دادند و به سوی آن‌ها به راه افتادند ــ که از آن میان می‌توان به سیبریه، چین، افریقای جنوبی، اندونزی و جنگل‌های ویسکانسین اشاره کرد. فرانسه سی و دو مشاهده‌گر فرستاد، بریتانیا هیجده مشاهده‌گر بر این تعداد افزود، و عده‌ای دیگر نیز از کشورهای سوئد، روسیه، ایتالیا، آلمان، ایرلند و جاهای دیگر به راه افتادند.

این نخستین همکاری تاریخی در زمینهٔ کنکاش‌های علمی بین‌المللی بود که تقریباً در همه‌جا به مشکلاتی برخورد. بسیاری از مشاهده‌گران بر اثر جنگ، بیماری یا کشتی شکستگی، جان خود را از دست دادند. برخی دیگر به مقصد رسیدند ولی وقتی صندوق‌های وسایل‌شان را باز کردند همه چیز را شکسته یا بر اثر گرمای مناطق گرمسیری درهم پیچیده یافتند. این بار نیز گویی تقدیر چنین حکم کرده بود که فرانسوی‌ها بدبیارترین مشاهده‌گران را به گوشه و کنار جهان اعزام کنند. ژان شاپ چندین ماه از عمرش را صرف سفر با دلیجان، قایق، و سورتمه در سیبریه و مراقبت از ابزارهای ظریفش پس از هر دست‌انداز خطرناک کرد و سرانجام مشاهده کرد که آخرین بخش مسیرش به وسیلهٔ رودهای خروشان از بارندگی‌های سنگین بهاری مسدود شده است، و بومیان نیز وقتی او را در حال

* گذر بعدی در تاریخ ۸ ژوئن ۲۰۰۴ (۱۷ خرداد ۱۳۸۳) و سپس دومین گذر در سال ۲۰۱۲ رخ خواهد داد. در سدهٔ بیستم چنین گذری دیده نشد.

نشانه روی ابزارهای عجیب و غریب به سوی آسمان دیدند، بی درنگ زبان به سرزنشش گشودند. شاپ توانست از آن معرکه جان سالم به در برد اما هیچ اندازه‌گیری مفیدی انجام نداد.

بدبیارتر از او گیوم لو ژانتی بود که خلاصهٔ تجربیاتش به طرز شگفت‌آوری توسط تیموثی فریس در کتاب تکامل یافتن در کهکشان راه شیری آورده شده است. لو ژانتی یک سال زودتر از زمان پیش بینی شده از فرانسه به راه افتاد تا گذر زهره از مقابل خورشید را در هند مشاهده کند، اما به علت برخورد با انبوهی از مشکلات، او در روز واقعه همچنان در دریا بود ـ درست بدترین جای ممکن برای حضور داشتن، زیرا انجام اندازه‌گیری‌های پیوسته در عرشهٔ یک کشتی دستخوش امواج، غیر ممکن است.

لو ژانتی جسور، به راه خود برای رسیدن به هند ادامه داد تا به انتظار گذر بعدی در سال ۱۷۶۹ در آن کشور بماند. با در اختیار داشتن هشت سال فرصت برای انجام تدارکات، یک ایستگاه مشاهدهٔ درجه یک دایر کرد، ابزارهای دقیقش را بارها و بارها آزمایش کرد، و همه چیز را به طور کامل به حالت آماده درآورد. وقتی صبح روز دومین گذر، یعنی روز ۴ ژوئن ۱۷۶۹، از خواب برخاست هوا خیلی صاف و خوب بود اما به محض آنکه عبور زهره از مقابل خورشید آغاز شد، ابری در برابر خورشید قرار گرفت و تقریباً تا آخرین لحظات تکمیل عبور زهره در آنجا ماند: سه ساعت و چهارده دقیقه و دو ثانیه.

لو ژانتی با خویشتن‌داری تمام، ابزارهای دقیقش را جمع کرد و به سمت نزدیکترین بندرگاه به راه افتاد اما در راه به بیماری اسهال مبتلا و نزدیک به یک سال بستری شد. او که خیلی ضعیف شده بود توانست خودش را به یک کشتی برساند. این کشتی در نزدیکی سواحل قارهٔ افریقا دچار سانحه توفان دریایی شد و شکست. سرانجام وقتی به وطن بازگشت، یعنی پس از یازده سال و شش ماه، بدون آنکه دستاوردی داشته باشد، متوجه شد که خویشاوندانش مرگ او را در طی آن سال‌ها به اطلاع عموم رسانده و دارایی‌هایش را یکسره غارت کرده‌اند.

در مقایسه با این ناگواری‌ها، هیجده مشاهده‌گر پراکندهٔ بریتانیایی با نومیدی‌های

نسبتاً کمتری روبه رو شدند. میسن با یک نقشه‌بردار جوان به نام جریمایا دیکسن همسفر شد و ظاهراً با یکدیگر دوست شدند و پس از آن نیز یک مشارکت ماندگار تشکیل دادند. آن‌ها دستور داشتند که به سوماترا سفر کنند و از عبور نصف‌النهاری در آنجا نقشه‌برداری کنند، اما کشتی آن‌ها پس از آنکه فقط یک شب در دریا بود مورد حملهٔ یک ناو محافظ فرانسوی قرار گرفت. (با آنکه دانشمندان از یک روحیهٔ همکاری بین‌المللی برخوردار بودند، ملت‌ها چنین نبودند.) میسن و دیکسن نامه‌ای به انجمن سلطنتی فرستادند و اعلام کردند که ظاهراً وضعیت در آب‌های بین‌المللی بسیار خطرناک است و تردید دارند در اینکه کل عملیات را متوقف سازند یا همچنان ادامه دهند. در پاسخ به این یادداشت، بی درنگ نامه‌ای سرد و توبیخ‌آمیز به دست‌شان رسید که در آن به ایشان گفته شده بود حقوق و مزایای لازم قبلاً به ایشان پرداخت شده است، ملت و جامعهٔ علمی بر روی آن‌ها حساب می‌کنند، و هرگونه خودداری از ادامهٔ عملیات، لطمه‌ای جبران‌ناپذیر به حیثیت ایشان وارد خواهد کرد. آن دو که بدین ترتیب سر جای خود نشانده شدند، به راه‌شان ادامه دادند ولی در بین راه خبردار شدند که سوماترا به تصرف فرانسوی‌ها درآمده است و به همین دلیل مجبور شدند نقشه‌برداری از عبور نصف‌النهاری را نیمه کاره و از منطقه دماغهٔ امید نیک به پایان برسانند. هنگام بازگشت به وطن، در جزیرهٔ تک افتادهٔ سنت هلینا توقف کردند. در آنجا با مسکیلین آشنا شدند، که تلاش‌هایش برای مشاهدهٔ عبور نصف‌النهاری بر اثر پنهان ماندن خورشید در پس یک تکه ابر نقش بر آب شده بود. بین میسن و مسکیلین یک دوستی محکم برقرار شد، و آن دو توانستند چند هفته از وقت خود را با خوبی و خوشی به نقشه‌برداری از جریان‌های جزر و مدی اختصاص دهند.

اندکی بعد، مسکیلین به انگلستان بازگشت و به مقام اخترشناس دربار رسید، و میسن و دیکسن ــ که ظاهراً کار کشته‌تر شده بودند ــ به یک سفر طولانی چهار ساله و عموماً مخاطره‌آمیز برای نقشه‌برداری از ۲۴۴ مایل از بیابان‌های خطرناک آمریکا با هدف حل یک اختلاف مرزی بین املاک متعلق به ویلیام پن و لرد بالتیمور و مستعمره‌های متعلق به ایشان یعنی پنسیلوانیا و مریلند پرداختند. نتیجهٔ این سفر، خط معروف به خط میسن ـ دیکسن بود که بعدها به عنوان حد فاصل بین ایالت‌های برده‌دار و آزاد، از اهمیتی نمادین برخوردار شد.

(با آنکه وظیفهٔ اصلی آن دو تعیین همین خط بود، چندین نقشه‌برداری اخترشناسی دیگر از جمله یکی از دقیق‌ترین اندازه‌گیری‌های آن سده از یک درجهٔ نصف‌النهار را نیز انجام دادند، و این دستاوردی بود که شهرتی بمراتب فراتر از شهرت حاصل از حل یک اختلاف مرزی بین دو آریستوکرات تُنُر برای‌شان به دنبال آورد.)

در اروپا، مسکیلین و همتایانش در آلمان و فرانسه مجبور شدند این نتیجه‌گیری را بپذیرند که اندازه‌گیری‌های انجام شده از عبور نصف‌النهاری سال ۱۷۶۱ اساساً یک شکست بوده است. از قضا، یکی از مشکلات آن بود که تعداد مشاهده‌های انجام شده خیلی زیاد شده بود، به طوری که وقتی در کنار هم قرار داده می‌شدند متناقض به نظر می‌رسیدند و سازگار کردن آن‌ها با یکدیگر غیرممکن بود. در عوض، نقشه‌برداری موفقیت‌آمیز از یک عبور نصف‌النهاری زهره نصیب یک دریانورد گمنام یورکشری به نام جیمز کوک شد. وی عبور نصف‌النهاری سال ۱۷۶۹ را در یک روز آفتابی از فراز قله‌ای در هائیتی مشاهده کرد و سپس به نقشه‌برداری‌هایش ادامه داد و سرزمین استرالیا را نصیب تاج و تخت بریتانیا کرد. پس از بازگشت او به وطن، اطلاعات کافی برای ژوزف لالاند اخترشناس فرانسوی فراهم شده بود تا با انجام محاسباتی به این نتیجه برسد که فاصلهٔ کرهٔ زمین تا خورشید اندکی از ۱۵۰ میلیون کیلومتر بیشتر است. (اندازه‌گیری‌های دو عبور نصف النهاری دیگر در سدهٔ نوزدهم به اخترشناسان اجازه داد تا این رقم را به ۱۴۹/۵۹ میلیون کیلومتر برسانند، که از آن زمان تاکنون تغییری پیدا نکرده است. امروزه دانشمندان می‌دانند که فاصلهٔ دقیق بین کرهٔ زمین و خورشید ۱۴۹/۵۹۷۸۷۰۶۹۱ میلیون کیلومتر است.) سرانجام، کرهٔ زمین دارای جایگاهی خاص خود در فضا شد.

اما میسن و دیکسن در مقام قهرمانان علم به انگلستان بازگشتند، و شراکت‌شان را به دلایلی نامعلوم منحل کردند. باتوجه به کثرت دفعات اشاره به نام‌های این دو در رویدادهای دوران‌ساز علم در سدهٔ هیجدهم، اطلاعات چندانی دربارهٔ تک تک این دو انسان در دست نیست. نه عکسی از ایشان باقی مانده نه آثار مکتوب.

در مورد دیکسن، در فرهنگ زندگینامه‌های ملی به طرز حیرت‌آوری نوشته‌اند: «گفته می‌شود که وی در یک معدن زغال سنگ چشم به جهان گشود.» اما دیگر بر عهدهٔ خواننده است که توضیحات ملموس لازم را در تصورش برای خود زنده کند، و به دنبال آن می‌افزایند که او به سال ۱۷۷۷ در دارم (Durham) از دنیا رفت. غیر از اشاره به نام و دوستی و همکاری طولانی‌اش با میسن، هیچ نکتهٔ دیگری در مورد او گفته نمی‌شود.

وضعیت میسن فقط اندکی از لحاظ شناسایی، از او بهتر است. می‌دانیم که او در سال ۱۷۷۲ به درخواست مسکیلین، مأموریت برای پیدا کردن کوهی مناسب به منظور انجام آزمایش زاویهٔ انحراف گرانشی را پذیرفت و پس از مدتی طولانی گزارش داد که چنین کوهی در سلسله کوه‌های مرکزی اسکاتلند، درست در بالادست لاخ تی (دریاچهٔ تی) قرار دارد و شیهلیون نامیده می‌شود. اما هیچ عاملی نتوانست او را به ماندگار شدن در آنجا به هنگام تابستان و نقشه‌برداری از آن برانگیزد. از آن پس او هیچ‌گاه به عرصهٔ کار بازنگشت. حرکت شناسایی شدهٔ بعدی او ظاهراً در سال ۱۷۸۶ یعنی زمانی بوده است که سر و کله‌اش ناگهان و به طرزی اسرارآمیز در ایالت فیلادلفیا به همراه همسر و هشت فرزندش پیدا می‌شود، که ظاهراً به پرتگاه فقر و تنگدستی رسیده بود. از هیجده سال پیش و پس از تکمیل کارهای نقشه‌برداری‌اش در آمریکا به آن کشور بازنگشته بود وهیچ دلیل مشخصی برای حضور در آنجا نداشت، یا هیچ دوست یا حمایت کننده‌ای هم نبود که از او استقبال کند. چند هفتهٔ بعد چشم از جهان فروبست.

پس از آنکه میسن از نقشه‌برداری آن کوه خودداری کرد، این کار به مسکیلین واگذار شد. بدین ترتیب، مسکیلین در طی چهار ماه، یعنی در تابستان سال ۱۷۷۴، در یک درهٔ تنگ و عمیق در نقطه‌ای دور افتاده در اسکاتلند، در یک چادر زندگی کرد و روزهایش را به هدایت گروهی نقشه‌بردار اختصاص داد، که صدها اندازه‌گیری از هر نقطهٔ ممکن انجام می‌دادند. پیدا کردن جرم کوه با استفاده از تمام این اعداد نیازمند انبوهی از محاسبات خسته کننده بود، که بدین منظور از ریاضی‌دانی به نام چارلز هاتن استفاده شد. نقشه‌بردارها، روی یک نقشه را با

انبوهی از اعدادی پوشانده بودند که هر کدام تراز خاصی را در یک نقطهٔ واقع بر پیکر کوه یا در اطراف آن نشان می‌دادند. این تودهٔ اعداد، اساساً گیج کننده بود ولی هاتن متوجه شد اگر با استفاده از یک مداد بتواند نقاط هم ارتفاع را به یکدیگر وصل کند، کار بمراتب منظم‌تر می‌شود. به عبارت دقیق‌تر، با یک نگاه به آن می‌شد شکل کلی و شیب کوه را تشخیص داد. بدین ترتیب، او خطوط تراز را اختراع کرد.

هاتن با برون‌یابی از اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از کوه شیهلیون توانست جرم کرهٔ زمین را معادل ۵۰۰۰ میلیون میلیون تن محاسبه کند، که از روی آن منطقاً می‌شد جرم‌های تمام دیگر سیارات مهم منظومهٔ شمسی از جمله خورشید را حدس زد. بدین ترتیب، بشر با انجام این آزمایش توانست جرم‌های کرهٔ زمین، خورشید، ماه، سیارات دیگر به اضافهٔ قمرهای آن‌ها را پیدا کند و خطوط تراز را نیز بشناسد که اگر با ماه‌های سپری شده در تابستان آن سال مقایسه کنیم، معادله‌ای سودآور بود.

اما همهٔ دست‌اندرکارها از نتایج به دست آمده راضی نبودند. اِشکال آزمایش شیهلیون در آن بود که امکان به دست آوردن رقمی حقیقتاً دقیق بدون اطلاع از چگالی واقعی کوه وجود نداشت. مثلاً هاتن، چگالی کوه را با چگالی سنگ معمولی برابر فرض کرده بود، در حدود ۲/۵ برابر چگالی آب، اما این اندکی با یک حدس قریب به یقین فاصله داشت.

شخص دیگری که کمتر می‌شد از او انتظار داشت که به این موضوع بپردازد، یک روستایی به نام جان میچل بود که در روستای دور افتادهٔ تورنهیل در ولایت یورکشر زندگی می‌کرد. او علیرغم دورافتادگی جغرافیایی و زندگی فقیرانه‌ای که داشت، یکی از بزرگترین اندیشمندان علمی در سدهٔ هیجدهم بود و از این لحاظ احترام و منزلت والایی داشت.

از جمله دستاوردهای او می‌توان به پیش بینی شکل موجی زمین لرزه، انجام تحقیقات دست اول بسیاری در زمینهٔ مغناطیس و گرانش، و عجیب‌تر از همه پیش بینی وجود سیاهچاله‌ها دویست سال پیش از هر کس دیگر اشاره کرد ــ که این خود جهشی در استنتاجات علمی به شمار می‌رفت که شخصی چون نیوتن نیز نمی‌توانست از عهده‌اش برآید. وقتی ویلیام هرشل موسیقی‌دان آلمانی تبار که رشتهٔ مورد علاقه‌اش را اخترشناسی اعلام کرد برای یاد گرفتن طرز کار با

تلسکوپ به میچل مراجعه کرد ـ توجهی که میچل به او کرد نتیجه‌ای به بار آورد که علم سیارات از آن زمان به بعد مدیون آن است.*

اما از میان تمام دستاوردهای میچل، هیچ یک نوآورانه‌تر یا تأثیرگذارتر از ماشینی نبود که او برای اندازه‌گیری جرم کرهٔ زمین طراحی کرد و ساخت. متأسفانه خودش پیش از آنکه این آزمایش‌ها را انجام دهد چشم از جهان فروبست و اندیشه و ابزارهای کارش به یک دانشمند پر استعداد اما به طرز شکوهمندی گوشه‌گیر به نام هنری کَوِندیش سپرده شدند که در لندن زندگی می‌کرد.

کَوِندیش، خودش یک کتاب است. او که در خانواده‌ای مرفه متولد شده بود ـ اجدادش به ترتیب دیوک‌های دو ایالت دوونشر و کنت بودند ـ با استعدادترین و در عین حال عجیب‌ترین دانشمند انگلیسی در عصر خود بود. به گفتهٔ یکی از چند زندگی‌نامه نویس‌اش، ابتلا به «خجالت در او تا مرز یک بیماری» پیش رفته بود. هرگونه تماس با انسان‌ها عمیقاً موجب آشفتگی و ناراحتی‌اش می‌شد.

یک روز وقتی درهای خانه‌اش را گشود متوجه حضور یکی از ستایشگران اتریشی خود بر روی پلهٔ ورودی شد که تازه از وین آمده بود. این اتریشی که از دیدن کَوِندیش به هیجان آمده بود بی‌اراده لب به ستایش از او گشود.

واکنش کَوِندیش چنان بود که گویی جسمی بی‌شکل به چهره‌اش ضربات پیاپی وارد می‌کند، و چون تحمل بیش از آن را نداشت از پله‌ها پایین آمد، از در خارج شد و آن را باز رها کرد و رفت. چند ساعتی گذشت تا آنکه اعضای خانواده توانستند او را با خواهش و تمنا به خانه بازگردانند. حتی خدمتکارش از طریق مکاتبه با او ارتباط برقرار می‌کرد.

با آنکه گاهی در میان جمع ظاهر می‌شد ـ مخصوصاً شیفتهٔ حضور در شب نشینی‌های علمی و هفتگی سر جوزف بنکس طبیعت‌شناس بزرگ بود ـ همیشه به میهمانان دیگر توضیح داده می‌شد که به هیچ وجه نباید به کَوِندیش نزدیک شوند یا حتی به او نگاه کنند. به کسانی که می‌خواستند نظر او را جویا شوند توصیه می‌شد طوری در اطراف و نزدیکی‌هایش ظاهر شوند که گویی

---

* در سال ۱۷۸۱ هرشل نخستین دانشمندی بود که یک سیاره را در عصر جدید کشف کرد. خودش می‌خواست آن را به نام پادشاه بریتانیا جورج بنامد، ولی با آن موافقت نشد. این سیارهٔ جدید اورانوس نامیده شد.

تصادفاً چنین شده است و طوری سخن بگویند که «گویی با فضای خالی مقابلشان سخن می‌گویند.» اگر حرف‌های این افراد از لحاظ علمی ارزشی می‌داشت ممکن بود پاسخی وز وز مانند دریافت کنند، اما در اغلب موارد یک جیغ حاکی از رنجیدگی خاطر از او می‌شنیدند (گویا صدای کَوِندیش خیلی زیر بوده است) و بر می‌گشتند تا یک فضای خالی واقعی پیدا کنند و کَوِندیش را می‌دیدند که از آنجا می‌گریزد تا گوشه‌ای دنج برای خودش پیدا کند.

او به اتکای ثروت و خلق و خوی منحصر به فردش توانست خانه‌ای را که در کلپم داشت به آزمایشگاهی بزرگ تبدیل کند تا بدون هیچ مزاحمتی بتواند به تک تک گوشه‌های علوم فیزیکی ــ الکتریسیته، حرارت، گرانش، گازها و هر آنچه به ترکیب‌بندی ماده مربوط می‌شود ــ سرکشی کند. نیمهٔ دوم سدهٔ هیجدهم روزگاری بود که در آن انسان‌های صاحب استعداد علمی، شدیداً به خواص فیزیکی چیزهای بنیادی ــ بویژه گازها و الکتریسیته ــ علاقمند می‌شدند و بر آن می‌شدند تا ببینند از خودشان در آن زمینه چه کاری بر می‌آید، که غالباً با اشتیاقی فراتر از حد تصور انسان همراه بود. معروف است که بنجمین فرانکلین در آمریکا برای پرواز با کایت در هوای توفانی و سرشار از الکتریسیته، جان خود را به خطر انداخت. در فرانسه، یک شیمی‌دان به نام پیلاتر دو روزیه، اشتعال‌پذیری هیدروژن را با پر کردن دهانش از این گاز و فوت کردن آن به درون شعلهٔ باز آزمایش و در یک آن اثبات کرد که هیدروژن به شکلی انفجارآمیز قابل احتراق است و ابروهای انسان الزاماً از اجزای دایمی چهره‌اش نیستند. کَوِندیش نیز به سهم خود، به آزمایش‌هایی دست زد که در آن‌ها خودش را در معرض ضربه‌های تدریجی جریان الکتریسیته قرار می‌داد و افزایش تدریجی سطوح درد را تا جایی که قدرت دردست نگهداشتن قلم پَر را داشت، و گاهی هم هشیاری‌اش را از دست می‌داد، به دقت ثبت می‌کرد.

کَوِندیش در طی زندگانی طولانی‌اش یک رشته کشفیات مهم انجام داد ــ از جمله اینکه او نخستین دانشمندی بود که هیدروژن را جدا کرد و نیز نخستین کسی بود که هیدروژن و اکسیژن را با هم ترکیب کرد و آب به دست آورد ــ ولی هیچ کاری از او سر نزد که کوچکترین اثری از غرابت در آن دیده نشود. او که همواره موجب عصبانیت دانشمندان همکارش می‌شد، غالباً به طور ضمنی به

نتایج آزمایش‌هایی تصادفی در کارهای انتشار یافته اشاره می‌کرد که در مورد آن‌ها چیزی به کسی نگفته بود. از لحاظ رازداری و مخفی کاری نه فقط به نیوتن شباهت داشت بلکه او را فعالانه پشت سر گذاشت. آزمایش‌های او در زمینهٔ رسانایی الکتریکی، نزدیک به یک سده از زمان خود جلوتر بودند اما تا سپری شدن آن سده، هیچ کسی آن‌ها را کشف نکرد. به عبارت دقیق‌تر، بخش بزرگی از کارهای کَوِندیش تا اواخر سدهٔ نوزدهم که جیمز کلرک مکسول عهده‌دار آماده‌سازی و ویرایش نوشته‌های کَوِندیش برای انتشار شد، همچنان ناشناخته مانده بود و تا آن زمان بسیاری از آن کارها به نام دیگران ثبت شده بودند.

کَوِندیش در میان انبوه کارهایی که انجام داد، بی‌آنکه چیزی به کسی گفته باشد قانون بقای انرژی، قانون اُهم، قانون دالتن برای فشارهای جزیی، قانون نسبت‌های متقابل ریشتر، قانون گازهای شارل و اصول رسانایی الکتریکی را کشف یا پیش‌بینی کرده بود. این فقط بخشی از کارهای او است. به گفتهٔ ج. گ. کراوتر تاریخ نگار علم، او «کارهای کلوین و ج. هـ داروین در زمینهٔ تأثیر اصطکاک جذر و مد بر کند شدن چرخش زمین، و کشف لارمور در زمینهٔ تأثیر سرد شدن موضعی جوّ را که در سال ۱۹۱۵ منتشر شد... و کارهای پیکرینگ را در زمینهٔ مخلوط‌های سرد کننده، و برخی از کارهای روزبوم در زمینهٔ تعادل‌های ناهمگن» را تحت‌الشعاع قرار داد. سرانجام او سر نخ‌هایی از خود برجا گذاشت که مستقیماً به کشف گروه عناصر معروف به گازهای نجیب انجامید که برخی از آن‌ها به قدری گریزپایند که آخرین‌شان تا سال ۱۹۶۲ کشف نشده بود. اما آنچه در اینجا مورد توجه ما است آخرین آزمایش شناخته شدهٔ کَوِندیش در اواخر تابستان سال ۱۷۹۷ است که او در شصت و هفت سالگی، توجه خود را به صندوق‌های پر از تجهیزات و وسایلی معطوف کرد که جان میچل ــ ظاهراً با انگیزهٔ احترامی صرفاً علمی ــ برای او به یادگار نهاده بود.

تجهیزات و وسایل جان میچل پس از آنکه بر هم سوار شدند بیش از هر چیز به نسخهٔ سدهٔ هیجدهمی دستگاه نشانه‌روی با وزنه (weight-training) در زیر دریایی نوتیلس شباهت داشت. این وسیله شامل چندین وزنه، وزنهٔ تعادل، پاندول، میله و کابل‌های پیچشی بود. در مرکز این دستگاه، دو گلولهٔ سربی به وزن ۳۵۰ پاوند به حالت معلق در کنار دو گوی کوچکتر دیده می‌شدند. هدف،

اندازه‌گیری زاویهٔ انحراف گرانشی گوی‌های کوچکتر به وسیلهٔ گوی‌های بزرگتر بود، که امکان نخستین اندازه‌گیری نیروی گریز (elusive force) را که ثابت گرانشی نامیده می‌شود فراهم می‌آورد، و از روی آن می‌توان وزن (یا به بیان دقیق‌تر «جرم»)* کرهٔ زمین را حدس زد.

از آنجا که گرانش موجب نگهداشتن سیارات در مدار می‌شود و باعث می‌شود که اشیای در حال سقوط با یک صدای بلند در سطح سیاره فرود آیند، ما نیز گرانش را به همین دلیل یک نیروی قوی تلقی می‌کنیم، اما در واقعیت چنین نیست. گرانش، فقط به یک معنی گروهی، یعنی وقتی یک شیء عظیم مانند خورشید، شیء عظیم دیگری مانند کرهٔ زمین را در مدار خود نگه می‌دارد، قوی است. گرانش در سطح عناصر اولیه، فوق‌العاده ضعیف است. هر بار که کتابی را از روی میز یا از روی کف اتاق برمی‌دارید، بدون هیچ تلاشی بر نیروی گرانشی مرکب یک سیارهٔ کامل غلبه می‌کنید. کاری که کَوِندیش می‌کوشید انجام دهد، اندازه‌گیری گرانش در همین سطح فوق‌العاده سبک و پَروزن بود.

حساسیت، واژهٔ کلیدی بود. در اتاقی که این دستگاه قرار گرفته بود کسی اجازه نداشت ناشنودنی‌ترین حرف را در گوش دیگری بگوید. به همین دلیل، کَوِندیش جایی در اتاق مجاور برای خودش تعیین کرد و مشاهداتش را از پشت یک سوراخ و با استفاده از یک تلسکوپ انجام داد. این کار به طرزی باور نکردنی طاقت‌فرسا بود و تکمیل کردنش نزدیک به یک سال به درازا کشید. سرانجام، وقتی محاسباتش به پایان رسید اعلام کرد که وزن کرهٔ زمین اندکی از ۱۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ پاوند یا شش میلیارد تریلیون تن متری با مقیاس‌های امروزی، بیشتر است. (هر تن متری ۱,۰۰۰ کیلوگرم یا ۲,۲۰۵ پاوند است.)

امروزه، دانشمندان ماشین‌هایی چنان دقیق در اختیار دارند که می‌توانند

---

* در نظر فیزیک‌دان، جرم و وزن دو چیز اساساً متفاوت هستند. ما به هر جایی که برویم جرم‌مان ثابت می‌ماند اما وزن‌مان برحسب اینکه در چه فاصله‌ای از مرکز یک جسم عظیم دیگر مانند یک سیاره قرار گرفته باشیم تغییر پیدا می‌کند. اگر به کرهٔ ماه سفر کنید وزن‌تان بمراتب سبک‌تر می‌شود اما جرم‌تان خیلی زیاد می‌شود. در کرهٔ زمین، برای تمام کارها و نیازهای علمی، جرم و وزن تفاوتی با هم ندارند و به همین علت این دو اصطلاح را می‌توان دست‌کم در خارج از کلاس درس مترادف یکدیگر دانست.

وزن یک تک باکتری را اندازه بگیرند. این ماشین‌ها به قدری حساس هستند که مقادیر قرائت شده توسط آن‌ها را می‌توان بر اثر خمیازهٔ شخصی که در فاصلهٔ هفتاد و پنج فوتی آن‌ها ایستاده است تغییر داد، اما همین ماشین‌ها موجب اصلاح چندان چشمگیری در اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط کَوِندیش در سال ۱۷۹۷ نشده‌اند. بهترین برآورد کنونی وزن کرهٔ زمین ۵/۹۷۲۵ میلیارد تریلیون تن متری است، که فقط چیزی در حدود ۱ درصد با یافته‌های کَوِندیش تفاوت دارد. نکتهٔ جالب توجه آن است که تمامی این اندازه‌گیری‌ها برآوردهای انجام شده توسط نیوتن را که ۱۱۰ سال پیش از کَوِندیش و بدون استفاده از هیچ دستگاه فنی و تجربی انجام شده بود تأیید کرد.

بدین ترتیب، دانشمندان در اواخر سدهٔ هیجدهم، شکل و ابعاد کرهٔ زمین و فاصلهٔ آن با خورشید و سیارات دیگر را با دقت بسیار زیاد تعیین کرده بودند؛ اما کَوِندیش، بی آنکه از خانه‌اش خارج شود وزن کرهٔ زمین را در اختیار ایشان قرار داده بود. شاید خوانندگان کتاب، اکنون پیش خود می‌گویند پس تعیین عمر کرهٔ زمین دیگر چندان دشوار نخواهد بود. چون، هیچ نباشد تمام مواد و مطالب ضروری در اختیار دانشمندان قرار گرفته بود. اما نه، چنین نبود. بشر پیش از آنکه بتواند عمر کرهٔ خاکی خود را محاسبه و پیدا کند به شکافت اتم، اختراع تلویزیون، نایلون و قهوهٔ فوری نایل آمد.

برای پی بردن به علت این تأخیر باید به شمال بریتانیا و اسکاتلند برویم و با زندگانی انسانی درخشان و مهربان آشنا شویم که تاکنون کمتر درباره‌اش سخن گفته شده است، وی دانشمندی بود که علمی جدید به نام زمین‌شناسی را به تازگی اختراع کرده بود.

# ۵ سنگ شکنان

درست در زمانی که هنری کَوِندیش دست‌اندرکار تکمیل آزمایش‌های خویش در لندن بود، در فاصلهٔ چهارصد مایلی او و در شهر ادینبره، نوع دیگری از لحظات سرنوشت‌ساز با مرگ جیمز هاتن به پایان می‌رسید. این خبر برای هاتن ناگوار ولی برای دنیای علم بسیار خوشنود کننده بود زیرا توانست راه را برای مردی به نام جان پلی‌فر در بازنویسی کارهای هاتن بدون ترس از دستپاچگی و نگرانی باز کند.

هاتن از هر جهت مردی تیزبین و خوش‌سخن و خوش‌معاشرت بود و هرگاه موضوع درک فرآیندهای اسرارآمیز و کُندی مطرح می‌شد که به کرهٔ زمین شکل داده بودند به فردی بی‌رقیب تبدیل می‌شد. متأسفانه، تدوین نظراتش به شکل قابل فهم برای همگان از او ساخته نبود. همچنان که یکی از نویسندگان زندگینامهٔ او با اندوه تمام بیان کرده است، او «هیچ گناهی در دستاوردهای خالی از محتوای خود» نداشت. تقریباً تک تک سطرهایی که به روی کاغذ می‌آورد نوعی دعوت به خوابیدن بود. در شاهکار خود به نام نظریهٔ زمین‌شناسی همراه با دلایل و تصاویر، ضمن بحث دربارهٔ چیزی، در سال ۱۷۹۵ چنین می‌گوید:

> دنیایی که ما در آن سکونت داریم از انواع مواد تشکیل می‌شود نه از خاکی که سلف بلافصل خاک کنونی بود، بلکه از خاکی که ضمن بر شمردن از زمان حال در مرتبهٔ سوم قرار می‌گیرد، و پیش از خاکی واقع شده بود که بر روی سطح دریا قرار داشت، در حالی که خاک کنونی نیز در زیر آب اقیانوس واقع شده بود.

با این حال، او تقریباً یک تنه و با شادی و خوشحالی، علم زمین‌شناسی را پی‌ریزی کرد و شناخت زمین توسط انسان را یکسره متحول ساخت. هاتن در

سال ۱۷۲۶ در یک خانوادهٔ مرفه اسکاتلندی متولد شد و با چنان آسایشی در خانواده رشد یافت که توانست بخش بزرگی از زندگانی‌اش را در یک جمع شاد و درگیر در کارهای عالی فکری و ارتقای معنوی سپری کند. نخست در رشتهٔ پزشکی تحصیل کرد، اما خیلی زود متوجه شد که از این رشته خوشش نمی‌آید. سپس به زراعت روی آورد و آن را در املاک خانوادگی خود در بِرویکشر، به روشی آرام و علمی دنبال کرد. خسته از مزرعه و دام، در سال ۱۷۶۸ به ادینبره کوچید و در آنجا یک شرکت تولید نشادر از دودهٔ زغال سنگ تأسیس کرد که در کارش بسیار موفق بود و علاوه بر آن، خود را با انواع کارهای علمی سرگرم کرد. شهر ادینبره در آن زمان از مراکز فعالیت‌های روشنفکران بود و هاتن در امکانات بارور کنندهٔ آن به خوبی شکوفا شد. از اعضای برجستهٔ انجمنی شد که اویستر کلاب نام داشت و هر روز غروب فرصت هم نشینی با مردانی چون آدام اسمیت اقتصاددان، جوزف بلک شیمی‌دان، و دیوید هیوم فیلسوف و دیدارهای پراکنده با میهمانان بزرگی چون بنجمین فرانکلین و جیمز وات را نیز پیدا می‌کرد.

بر طبق سنت آن روزگار، هاتن تقریباً به تمام موضوعات، از کانی‌شناسی گرفته تا متافیزیک علاقمند شد. چندین آزمایش با مواد شیمیایی انجام داد، در روش‌های استخراج زغال سنگ و کانال‌سازی تحقیق کرد، از معادن نمک بازدید کرد، دربارهٔ ساز و کارهای وراثت به تأمل پرداخت، انواع فسیل‌ها را گردآوری کرد، و نظریه‌هایی نیز در زمینهٔ باران، ترکیبات هوا، و قوانین حرکت مطرح ساخت. اما رشتهٔ مورد علاقهٔ اصلی او زمین‌شناسی بود.

از جمله مسایلی که در آن عصر تعصب‌آلود تعقیب‌های جنون زدهٔ مذهبی جلب توجه می‌کرد مسأله‌ای بود که مردم را از قرن‌ها پیش با سردرگمی مواجه ساخته بود ـ چرا صدف حلزون‌های دوکپه‌ای و دیگر فسیل‌های دریایی برجامانده از روزگار باستان، غالباً بر قلهٔ کوه‌ها یافت می‌شوند. راستی، این صدف‌ها و فسیل‌ها چگونه تا آنجا صعود کردند؟ کسانی که فکر می‌کردند راه حلی یا پاسخی برای این پرسش دارند به دو گروه مخالف تقسیم می‌شدند. یک گروه موسوم به نپتونیست‌ها، معتقد بود هر آنچه در سطح کرهٔ زمین یافت می‌شود، از جمله گوش‌ماهی‌های موجود در نقاط مرتفع و ناممکن را می‌توان نتیجهٔ بالا و پایین رفتن سطح آب دریاها دانست. به اعتقاد ایشان، عمر کوه‌ها و

تپه‌ها و دیگر عوارض طبیعی زمین به اندازهٔ عمر خود کرهٔ زمین است، و اینان فقط زمانی تغییر پیدا می‌کنند که در جریان سیلاب‌های بزرگ جهان به زیر آب بروند.

گروه مخالف، موسوم به پلوتونیست‌ها، معتقد بود که آتشفشان‌ها و زمین لرزه‌ها همانند دیگر مواد حیات‌بخش، موجب تغییر چهرهٔ این سیاره می‌شوند اما ذره‌ای هم مدیون دریاهای نافرمان نیستند. پلوتونیست‌ها پرسش‌های ناجوری چون اینکه کل آب در مواقع غیرسیلابی به کجا می‌رود مطرح می‌کردند. اگر گاهی مقدار آب آن‌قدر زیاد می‌شود که کوه‌های آلپ را به زیر خود فرو می‌برد، پس در مواقع عادی مثل روزگار ما در کجا ذخیره می‌شود؟ آن‌ها معتقد بودند که کرهٔ زمین دایماً در معرض نیروهای ژرف درونی و نیروهای سطحیٔ قرار دارد. اما به هیچ طرز متقاعد کننده‌ای نمی‌توانستند تبیین کنند که صدف‌های حلزون‌های دوکپه‌ای چگونه تا قلهٔ کوه‌ها بالا رفته‌اند.

هاتن در جریان اندیشیدن دربارهٔ این موضوعات بود که به یک رشته اندریافت‌های استثنایی رسید. با نگاهی به مزرعهٔ خودش به این نکته پی برد که خاک بر اثر فرسایش سنگ‌ها به وجود آمده است و ذرات همین خاک دایماً به وسیلهٔ جویبارها و رودها شسته و حمل می‌شوند و در جایی دیگر از نو رسوب‌گذاری می‌شوند. او متوجه شد اگر یک چنین فرآیندی به پایان طبیعی خود برسد در آن صورت کرهٔ زمین به صورتی کاملاً مسطح در خواهد آمد. اما دورتادور هاتن، همه جا تپه‌های ریز و درشت دیده می‌شدند. پر واضح است که باید فرآیندی دیگر، مانند نوعی تجدید شوندگی و بالاآمدگی نیز در کار باشد تا این تپه‌ها و کوه‌های ضروری برای ادامه یافتن چنین چرخه‌ای را بیافرینند. به اعتقاد او فسیل‌های دریایی یافت شده در قلهٔ کوه‌ها، در جریان سیلاب‌ها بدانجا نرسیده‌اند بلکه همراه با خود کوه‌ها تا آن ارتفاع رسیده‌اند. او همچنین به این نتیجه رسید که آنچه عامل پیدایش سنگ‌ها و قاره‌های جدید و رو راندگی رشته کوه‌ها می‌شود حرارت درون کرهٔ زمین است. لازم به یادآوری است که درک مفهوم کامل این فکر توسط زمین شناسان فقط دویست سال بعد یعنی زمانی میسر گردید که آن‌ها سرانجام، اصل تکتونیک صفحه‌ای را پذیرفتند. مخصوصاً، آنچه از نظریه‌های هاتن بر می‌آمد این بود که فرآیندهای فعال در کرهٔ زمین به زمان‌هایی بس طولانی و بمراتب طولانی‌تر از آنچه تاکنون کسی توانسته بود

تشخیص دهد، نیاز داشتند. در این زمان، ژرف‌نگری و اطلاعات کافی برای دگرگون سازی کامل شناخت کرهٔ زمین توسط بشر فراهم آمده بود.

در سال ۱۷۸۵ هاتن، اندیشه‌های خود را به صورت گزارشی طولانی درآورد که در چندین جلسهٔ پیاپی با حضور اعضای انجمن سلطنتی ادینبره قرائت شد. این گزارش، تقریباً هیچ توجهی را به خود جلب نکرد. بیان علت، چندان دشوار نیست. در اینجا بخشی از چگونگی طرح این گزارش برای حاضران توسط هاتن بیان می‌شود:

> در یک مورد، علت تشکیل دهنده در درون جسمی است که مجزا می‌شود؛ چون، پس از آنکه این جسم به وسیلهٔ حرارت فعال شد، بر اثر واکنش کل مادهٔ آن جسم است که شکاف تشکیل دهندهٔ مجرای عبور شکل می‌گیرد. در مورد دیگر نیز علت، نسبت به جسمی که شکاف در آن شکل می‌گیرد، در خارج واقع شده است. این شکستگی و گسیختگی در نوع خود شدیدترین بوده است؛ اما هنوز هم باید به دنبال علت گشت؛ و علت در مجرای عبور به ظهور نمی‌رسد؛ چون در هر شکستگی و جابه‌جایی جسم صلب این خاک ما نیست که کانی‌ها یا مواد اصلی مجراهای عبور کانی‌ها در آن یافت می‌شوند.

روشن است که هیچ یک از حاضران در آن جلسات کوچک‌ترین تصوری از آنچه او درباره‌اش سخن می‌گفت نداشت. هاتن با تشویق دوستانش برای گسترش نظریه‌های خود با این امید که چنین گسترشی ممکن است موجب لغزیدن او به سوی وضوح بیان شود، دورهٔ ده سالهٔ بعدی را صرف آماده‌سازی و تکمیل شاهکار خود کرد، که در سال ۱۷۹۵ در دو جلد منتشر شد.

این دو جلد بر روی هم به چیزی در حدود هزار صفحه می‌رسیدند و به طرز چشمگیری از آنچه حتی بدبین‌ترین دوستان هاتن نگرانش بودند، بدتر بود. گذشته از هر چیزی، نزدیک به نیمی از این اثر تکمیل شده را نقل قول‌های برگرفته از منابع فرانسوی، آن هم در قالب عبارات اصل فرانسوی، تشکیل می‌داد. احساس نیاز به جلد سوم این اثر چنان اندک بود که انتشارش تا سال ۱۸۹۹ یعنی تا بیش از یک سده پس از مرگ هاتن به تأخیر افتاد، و جلد چهارم (پایانی) آن اصولاً هیچ‌گاه منتشر نشد. کتاب نظریهٔ زمین‌شناسی هاتن، اثری معتبر برای معرفی به عنوان کم خواننده‌ترین کتاب در زمینهٔ علوم است (یا دست‌کم در

صورت عدم وجود این همه کتاب دیگر، چنین مقامی را می‌یافت). حتی چارلز لایل بزرگترین زمین‌شناس سدهٔ بعد و انسانی که هر چیزی را مطالعه می‌کرد، اعتراف کرد که نتوانست آن را تا پایان بخواند.

خوشبختانه هاتن زندگینامه نویسی به نام جان پلی‌فر از استادان ریاضی در دانشگاه ادینبره داشت که دوست نزدیک او بود و نه فقط اشعاری دلنشین می‌سرود ــ در سایهٔ سال‌ها همکاری با هاتن ــ بلکه در اغلب موارد هر آنچه را که هاتن سعی در بیانش داشت به خوبی می‌فهمید. در سال ۱۸۰۲ یعنی پنج سال پس از مرگ هاتن، پلی‌فر نسخهٔ خلاصه شده و ساده شده‌ای از اصول نظریهٔ هاتن را با عنوان تصاویری از نظریهٔ زمین‌شناختی هاتن منتشر کرد. این کتاب با سپاس و استقبال کسانی مواجه شد که فعالانه به علم زمین‌شناسی علاقمند بودند و تعدادشان در سال ۱۸۰۲ خیلی زیاد نبود. اما این وضع در حال تغییر بود. حال ببینیم چگونه.

در زمستان سال ۱۸۰۷، سیزده همفکر در میکدهٔ فراماسون‌ها (بنایان آزاد) واقع در لانگ ایکر، کاونت گاردن شهر لندن گردهم آمدند تا یک محفل دوستانه به نام انجمن زمین‌شناسی تشکیل دهند. هدف، تشکیل جلسات ماهانه برای مبادلهٔ نظرات زمین شناختی همراه با یکی دو لیوان شراب مادیرا و صرف یک شام دوستانه بود. قیمت شام را عمداً سنگین تعیین کرده بودند تا کسانی که فقط نوعی صلاحیت متفکرانه در این زمینه داشتند از حضور در آن خودداری کنند. اما خیلی زود معلوم شد که به چیزی به مراتب سازمان یافته‌تر از این با یک ستاد یا ساختمان مرکزی نیاز است تا افراد بتوانند در آن گردهم آیند، اندیشه‌ها و یافته‌هایشان را با هم در میان بگذارند و به بحث و بررسی بپردازند. هنوز ده سال از عمر انجمن نگذشته بود که تعداد اعضای آن به چهارصد نفر ــ البته همچنان از میان آقایان ــ رسید به طوری که احساس می‌شد انجمن زمین‌شناسی، انجمن سلطنتی را به عنوان نخستین و مهم‌ترین انجمن علمی در معرض تهدید قرار داده است.

اعضای انجمن هر ماه دوبار از نوامبر تا ژوئن تشکیل جلسه می‌دادند و در ژوئن پراکنده می‌شدند و به دنبال کارهای علمی در فصل تابستان می‌رفتند. البته روشن است که این اعضا، افرادی با علایق مادی به کانی‌ها یا حتی افرادی

دانشگاهی نبودند بلکه افرادی با ثروت و زمان کافی برای پرداختن به این گونه سرگرمی‌ها در سطحی نسبتاً حرفه‌ای بودند. در سال ۱۸۳۰ تعدادشان به ۷۴۵ نفر رسید، و می‌توان گفت که جهان دیگر چنین چیزی به خود نخواهد دید.

تصور تشکیل این انجمن در حال حاضر دشوار است، اما زمین‌شناسی، سدهٔ نوزدهم را چنان به هیجان آورد ـ قطعاً آن را تحت تأثیر قرارداد ـ که هیچ علمی تا آن زمان یا از آن به بعد نتوانسته بود چنین کند. در سال ۱۸۳۹ وقتی رادریک مرچیسن کتاب دورهٔ سیلورین را که تحقیقی حجیم و خسته کننده در مورد نوعی ماسه سنگ به نام گریواک است انتشار داد، بلافاصله در جای پُرفروش‌ترین کتاب قرار گرفت. علیرغم سنگینی قیمت (هشت پوند و چهل پنس) و غیرقابل خواندن بودنش به دلیل رعایت سبک اصیل هاتن، چهار بار پشت سر هم چاپ شد. (به طوری که حتی یکی از هواداران مرچیسن تأیید کرد که این اثر «مطلقاً فاقد جذابیت ادبی است.») و وقتی چارلز لایل بزرگ در سال ۱۸۴۱ برای ایراد یک رشته سخنرانی علمی در باستن به آمریکا سفر کرد، هر بار سه هزار نفر که نتوانسته بودند بلیت حضور در سخنرانی‌های او را تهیه کنند به انستیتوی لاول سرازیر می‌شدند تا به توضیحات آرام کنندهٔ او دربارهٔ زئولیت‌ها و نگرانی از زمین لرزه در کامپانیا گوش دهند.

در سراسر دنیای اندیشمند آن روزگار، بویژه در بریتانیا، دانشمندانی پیدا شدند و به خود جرأت دادند تا گامی در طبیعت بردارند و به قول خودشان قدری «سنگ شکنی» کنند.

آن‌ها این کار را خیلی جدی تلقی می‌کردند، معمولاً لباس‌های تیره‌رنگ بسیار سنگین می‌پوشیدند و کلاه‌های سیلندر بر سر می‌گذاشتند، به استثنای کشیش ویلیام باکلند از دانشگاه آکسفرد که عادت داشت کارهای میدانی را در لباس آکادمیک انجام دهد.

این رشتهٔ جدید، بسیاری از شخصیت‌های خارق‌العادهٔ زمانه را علاوه بر مرچیسن به خود جلب کرد. وی نخستین سی سال عمرش را صرف دویدن و جست زدن به دنبال روباه‌ها، تبدیل پرندگان هوانورد به انبوهه‌هایی از پرهای سرگردان به وسیلهٔ فشنگ‌های چارپاره، و به نمایش گذاشتن تیز هوشی خود در حد لازم برای خواندن روزنامهٔ تایم یا یک دست بازی با ورق کرده بود. سپس

متوجه شد که به انواع سنگ‌ها در طبیعت علاقمند است، و تقریباً با نوعی شتاب باور نکردنی به یکی از غول‌های عرصهٔ تفکر زمین‌شناسی تبدیل شد.

پس از وی دکتر جیمز پارکینسن وارد میدان شد که از نخستین سوسیالیست‌های بریتانیا بود و جزوه‌های تهییج‌گرانهٔ بسیاری با عنوان‌هایی چون «انقلاب بدون خون‌ریزی» نوشته بود. در سال ۱۷۹۴ در یک توطئه ظاهراً احمقانه به نام «توطئهٔ تفنگ چوب پنبه‌ای» به دام افتاد که در طی آن قرار بود جورج سوم پادشاه بریتانیا با شلیک یک تیر زهرآلود به گردنش در لحظاتی که در اتاقک مخصوص خودش در تئاتر می‌نشست هدف قرار گیرد. پارکینسن را کشان کشان برای بازجویی به حضور شورای خصوصی رساندند. چیزی نمانده بود که به دست و پایش غل و زنجیر ببندند و به استرالیا تبعیدش کنند که دستور رسید اتهامات مطرح شده علیه او پس گرفته و کنار گذاشته شود. او که از آن پس دیدگاهی محافظه کارانه‌تر در قبال زندگی پیدا کرد به علم زمین‌شناسی علاقمند شد، به عضویت انجمن زمین‌شناسی درآمد و کتاب مهمی با عنوان بقایای آلی یک جهان سپری شده نوشت که تا پنجاه سال بعد پیوسته چاپ می‌شد. از آن پس دیگر هیچ‌گاه مایه دردسر نشد. اما امروزه ما به واسطهٔ تحقیقات چشمگیری که او دربارهٔ بیماری موسوم به «فلج تشنجی» انجام داد از او یاد می‌کنیم. این بیماری از آن پس «بیماری پارکینسن» نامیده می‌شود. (پارکینسن یک دستاورد کوچک دیگر نیز داشت که موجب شهرتش شد. در سال ۱۷۸۵ احتمالاً نخستین کس در تاریخ بود که برندهٔ یک موزهٔ تاریخ طبیعی در جریان قرعه‌کشی شد. این موزه که در میدان لستر لندن قرار داشت به دست سِر اشتن لِور تأسیس شده بود ولی وی بر اثر زیاده‌روی در خرید آثار و عجایب طبیعت ورشکست شده بود. پارکینسن موزه را تا سال ۱۸۰۵ نگهداشت ولی چون نتوانست از عهدهٔ تأمین نیازهای مالی آن برآید مجموعهٔ آن را از هم جدا کرد و فروخت.)

چارلز لایل که از برجستگی چندانی در مقایسه با شخصیت‌های دیگر برخوردار نبود، رویهم‌رفته نفوذی به مراتب بیش از تمامی ایشان داشت. لایل درست در همان سالی متولد شد که هاتن چشم از جهان فروبست، آن هم در هفتاد مایلی یکدیگر و در روستای کینوردی. وی گرچه در اسکاتلند متولد شده بود، در منتها الیه جنوبی انگلستان و در نیو فارست واقع در همپشر، بزرگ شد

چون مادرش معتقد بود که اسکاتلندی‌ها میگسارانی بی‌مسئولیت هستند. همچنان که در نزد دانشمندان شیک‌پوش سدهٔ نوزدهم رسم بود، لایل از خانواده‌ای مرفه با یک پشتوانهٔ روشنفکری برخاسته بود. پدرش که مانند پسرش چارلز نام داشت، از یک امتیاز خاص برخوردار بود و آن اینکه بزرگترین محقق در زمینهٔ زندگی و آثار دانته و خزه‌شناسی به شمار می‌رفت. (محل معروف به *Orthotricium lyelli* که اغلب بازدید کنندگان از طبیعت انگلستان گاهی روی آن می‌نشینند، به یاد بود وی نامگذاری شده است.) لایل علاقه به تاریخ طبیعی را از پدرش فرا گرفت، اما در دانشگاه آکسفرد یعنی همان جایی که او تحت تأثیر ویلیام باکلند کشیش ــ با ردای بلند و جاری‌اش ــ قرار گرفت، علاقه به زمین‌شناسی در او بیدار شد و تا پایان عمر با او همراه گردید.

باکلند انسانی عجیب و تا حدودی جذاب بود. برخی دستاوردهای ارزشمند داشت، اما امروزه علاوه بر آن دستاوردها، به واسطهٔ خصوصیات عجیب و غریب‌اش نیز از او یاد می‌شود. او مخصوصاً به داشتن باغ وحشی از جانوران وحشی، برخی بزرگ و خطرناک، مشهور بود چون جانورانش را آزاد می‌گذاشت تا در محیط خانه و باغ اطرافش به گردش درآیند. علاوه بر آن، معروف بود که خودش را از هر راهی به هر موجود زنده در طبیعت می‌رسانید. از میهمانانی که به خانهٔ باکلند می‌رفتند برحسب هوس خودشان و دسترسی باکلند به جانورانش، ممکن بود با خوکچهٔ هندی پخته، پیراشکی موش، جوجه تیغی برشته، یا حلزون بی‌صدف دریای آسیای جنوب شرقی پذیرایی شود. به استثنای موش کور باغی، که از نظر باکلند تهوع‌آور بود، همهٔ آن‌ها را جانوارنی ارزشمند می‌دانست. او تقریباً به شکلی اجتناب‌ناپذیر، به شخصیتی صاحب‌نظر در زمینه کوپرولیت‌ها ــ از انواع فسفوریت‌های بد بوی دفع شده توسط جانوران ــ تبدیل شد و میزی داشت که تماماً از مجموعهٔ نمونه‌های کوپرولیت ساخته شده بود.

حتی وقتی جداً به تحقیق و کار علمی می‌پرداخت، رفتاری عموماً عجیب و غریب داشت. یک بار خانم باکلند متوجه شد که کسی در نیمه‌های شب، او را با دست تکان می‌دهد تا بیدار شود و صدای همسرش را شنید که با آهنگی هیجان زده می‌گفت: «عزیزم به اعتقاد من رد پاهای کیروترویوم بدون تردید به سنگ پشت شباهت دارد.» هر دو در حالی که لباس شب بر تن داشتند، به آشپزخانه رفتند.

خانم باکلند با آرد خمیر درست کرد و روی میز پخش کرد و خود کشیش رفت و سنگ پشت خانوادگی را آورد. پس از آن‌که سنگ پشت را روی خمیر انداختند و سیخ‌زنان به جلو حرکت دادند، با خوشحالی متوجه شدند که رد پای جانور عملاً به رد پاهای فسیلی شباهت دارد که باکلند دست اندرکار مطالعه‌اش بود. چارلز داروین، کشیش باکلند را یک دلقک ــ همان واژه‌ای که خودش به‌کار برده است ــ می‌دانست اما لایل ظاهراً داروین را انسانی الهام‌بخش می‌پنداشت و آن قدر از او خوشش می‌آمد که در سال ۱۸۲۴ حاضر شد همراهش تا اسکاتلند به گردش برود. اندکی پس از همین سفر بود که لایل تصمیم گرفت از شغل قضاوت دست بردارد و تمام وقت‌اش را به علم زمین‌شناسی اختصاص دهد.

لایل بی‌نهایت نزدیک بین بود و بخش بزرگی از عمرش را با یک لوچی همراه با درد گذراند، که همواره اسباب دردسرش می‌شد. (سرانجام، بینایی‌اش را یکسره از دست داد.) یک عادت عجیب دیگرش این بود که وقتی حواس‌اش به دنبال اندیشه‌ای خاص کشیده می‌شد، به حالتی باور نکردنی روی مبل یا صندلی قرار می‌گرفت ــ ناگهان روی دو صندلی دراز می‌کشید یا «سرش را روی سطح صندلی می‌گذاشت و در همان حال از جا بر می‌خاست» (به گفتهٔ دوستش داروین). گاهی که خیلی در یک فکر فرو می‌رفت، از چنان ارتفاع کمی روی صندلی می‌نشست که کفل‌هایش تقریباً با کف اتاق تماس پیدا می‌کردند. تنها شغل واقعی لایل در طول عمرش آن بود که از ۱۸۳۱ تا ۱۸۳۳ در کینگز کالج لندن استاد زمین‌شناسی بود. در همین سال‌ها بود که کتاب اصول زمین‌شناسی را نوشت و در فاصلهٔ سال‌های ۱۸۳۰ و ۱۸۳۳ منتشر کرد، که از بسیاری جهات موجب تحکیم و تکمیل اندیشه‌هایی شد که نخستین بار و در طی عمر نسل گذشته، توسط هاتن بیان شده بودند. (با آنکه لایل هیچ‌گاه کتاب هاتن را به شکل اصلی مطالعه نکرد، از شاگردان علاقمند به مطالعهٔ متن بازنویسی شده توسط پلی‌فر بود.)

در فاصلهٔ روزگار بین هاتن و لایل، مشاجرهٔ زمین شناختی جدیدی درگرفت که تا حد بسیار زیادی جانشین مشاجرهٔ قدیمی بین نپتونیست‌ها و پلوتونیست‌ها گردید، که غالباً با آن اشتباه گرفته می‌شود. این پیکار جدید به مشاجره‌ای بین دو نظریهٔ کاتاستروفیسم (اصل دگرگونی سانحه‌ای) و اونیفورمیتاریانیسم (اصل «یکنواختی یا زمان حال کلید ادوار گذشت است»)

تبدیل شد ــ که هر دو در ردیف اصطلاحات نامناسب برای مشاجره‌ای مهم و بسیار طولانی قرار گرفتند. کاتاستروفیست‌ها، همچنان که از عنوان‌شان می‌توان انتظار داشت، معتقد بودند که کرهٔ زمین بر اثر حوادث فاجعه‌آمیز ناگهانی ــ بویژه سیلاب‌ها ــ شکل گرفته است، و به همین دلیل است که دو نظریهٔ کاتاستروفیسم و نپتونیسم به خطا در کنار هم قرار داده می‌شوند. کاتاستروفیسم بویژه برای کشیشانی چون باکلند تسکین‌بخش بود زیرا دست ایشان را بازکرد تا توفان نوح مذکور در کتاب مقدس را در زمرهٔ مباحث جدی علمی قرار دهند. اما در مقابل ایشان، اونیفورمیتاریانیست‌ها معتقد بودند که تغییرات در کرهٔ زمین به تدریج انجام شده‌اند و تقریباً تمام فعل و انفعالات آن به‌کندی و در طی دورانی بی‌نهایت طولانی صورت گرفته‌اند. هاتن بمراتب بیش از لایل، پدر و بنیان‌گذار این نظریه بود، اما چون اغلب مردم فقط نوشته‌های لایل را مطالعه می‌کردند او در نزد بسیاری از انسان‌ها ــ چه در آن روزگار چه در روزگار کنونی ــ پدر اندیشهٔ جدید زمین‌شناسی شناخته می‌شود.

لایل معتقد بود که تغییرات کرهٔ زمین، یکنواخت و پیوسته صورت می‌گیرند ــ بدین معنی که هر آنچه را که در گذشته رخ داده است می‌توان با استناد به رویدادها و تغییراتی که همچنان ادامه دارند تبیین کرد. لایل و هوادارانش نه فقط نظریهٔ کاتاستروفیسم را تحقیر می‌کردند بلکه ار آن متنفر بودند. کاتاستروفیست‌ها معتقد بودند که نابودی‌های پیاپی، بخشی از زنجیره‌ای هستند که در طی آن انواع جانوران بارها از میان رفته‌اند و به جای آن‌ها جانورانی جدید برآمده‌اند ــ ت. هـ هاکسلی طبیعت‌شناس بریتانیایی نیز این اعتقاد را به «جایگزینی یک رشته مسابقهٔ ورق بازی» تشبیه کرد که «در پایان، بازیکنانش میز را واژگون کردند و گفتند بازی باید از نو انجام شود.» این روشی بسیار آسان برای تبیین ناشناخته‌ها بود. لایل با ناخرسندی گفت: «هیچ‌گاه اندیشه‌ای جزمی‌تر از این برای تقویت تنبلی و سستی و کُند کردن لبهٔ تیز کنجکاوی وجود نداشته است.»

اشتباهات سهوی لایل کم اهمیت نبودند. او هیچ تبیین متقاعدکننده‌ای برای چگونگی پیدایش کوه‌ها نداشت و وجود یخچال‌های طبیعی را به عنوان یکی از عوامل تغییر در کرهٔ زمین نادیده می‌گرفت. او اندیشهٔ بیان شدهٔ لویی آگاسی در مورد وجود عصر یخبندان ــ «سرد شدن و یخ بستن کرهٔ زمین» به

گفتهٔ خود او ـ را نمی‌پذیرفت و اطمینان داشت که پستاندارن در «کهن‌ترین لایه‌های فسیل‌دار زمین نیز یافت می‌شوند.» او این نظریه را که می‌گوید جانوران و گیاهان دستخوش نابودی ناگهانی شده‌اند رد می‌کرد و معتقد بود که تمام گروه‌های اصلی جانوران ـ پستانداران، خزندگان، ماهیان، و مانند این‌ها ـ از آغاز تاکنون با یکدیگر همزیستی داشته‌اند. سرانجام در تمام این موارد، نادرستی نظرات او اثبات شد.

با این حال، بی جهت بزرگ کردن تأثیر لایل تقریباً غیرممکن است. کتاب اصول زمین‌شناسی در طول عمر خود لایل ۱۲ بار ویرایش و چاپ شد و شامل نظراتی بود که تا اوایل سدهٔ بیستم از مبانی اندیشهٔ زمین‌شناسی به شمار می‌رفتند. داروین نسخه‌ای از ویرایش نخست این کتاب را در کشتی بیگل با خود به مسافرت دریایی و تحقیقاتی برد و بعدها نوشت «ارزش اصلی کتاب اصول زمین‌شناسی در آن است که موجب تغییر اساسی در نحوهٔ تفکر انسان می‌شود، و به همین دلیل است که ما هرگاه چیزی را می‌بینیم که لایل هرگز ندیده بود، آن را تا حدودی از چشم لایل می‌بینیم.» به عبارت مختصر، داروین همانند بسیاری از هم‌عصرانش، او را یک خدا می‌دانست. یکی از نشانه‌ها و مدارک نشان دهندهٔ قدرت تأثیر لایل آن است که در دههٔ ۱۹۸۰-۸۹ وقتی زمین شناسان مجبور شدند فقط بخشی از آن را کنار بگذارند و نظریهٔ ضربه‌ای نابودی انواع را بپذیرند، این کار تقریباً موجب مرگ خودشان شد. اما این موضوع در فصلی دیگر بررسی می‌شود.

در این ضمن، زمین‌شناسی می‌بایست به یک خانه تکانی بزرگ تن می‌داد، که البته چندان هم به آرامی انجام نشد. زمین شناسان از همان آغاز، می‌کوشیدند سنگ‌ها را بر طبق دوره‌های نهشته شدن‌شان طبقه‌بندی کنند. اما در مورد اینکه خط‌های فاصل را درکجا باید کشید، اختلاف نظرهای تلخ و عمیقی بین‌شان بروز می‌کرد ـ که از همه تلخ‌تر، مشاجره‌ای طولانی بود که بعدها به مشاجرهٔ بزرگ بر سر دورهٔ دِوونین معروف شد. مسأله زمانی مطرح شد که کشیش آدم سجویک از دانشگاه کیمبریج مدعی وجود یک لایه سنگ در دورهٔ کامبرین شد که رادریک مرچیسن به درستی، آن را به دورهٔ سیلورین متعلق می‌دانست. این مشاجره تا سال‌ها بعد ادامه یافت و سال به سال تندتر شد. مرچیسن در نامه‌ای به یکی از دوستانش، از شدت خشم چنین نوشت: «دو لا بش یک سگ کثیف است.»

با نگاهی به عناوین فصل‌های گزارش این مسأله توسط مارتین ج. س. رادویک در کتاب گرانسنگ اما اندوهبار مشاجرهٔ بزرگ بر سر دورهٔ دوونین می‌توان به گوشه‌ای از شدت احساسات طرفین درگیر در این مساله راه یافت. این فصل‌ها بی‌آنکه غرضی در آن‌ها به کار رفته باشد با عناوینی چون «عرصه‌های مباحثهٔ جوانمردانه» و «حل مسألهٔ ماسه سنگ گراواک» آغاز می‌شود و سپس به مباحثی چون «در دفاع از ماسه سنگ گراواک و حمله به آن،» «سرزنش‌ها و اتهامات متقابل،» «پخش شایعات زشت،» «ویور از بدعت گذاری خود پشیمان می‌شود،» «نشاندن یک ولایتی در سرجای خود،» و (در صورتی که کسی تردید می‌کرد که این یک جنگ تمام عیار است) «مرچیسن پیکار راینلد را افتتاح می‌کند» می‌پردازند. این پیکار، سرانجام در سال ۱۸۷۹ با تدبیری ساده دایر بر پذیرفتن وجود یک دورهٔ جدید به نام اوردوویسین در حد فاصل بین آن دو دوره به پایان رسید.

علت غلبهٔ نام‌های بریتانیایی در زبان زمین‌شناسی آن است که بریتانیایی‌ها فعال‌ترین گروه دانشمندان را در این عرصه داشتند. البته واژهٔ دوونین *(Devonian)* از نام ولایت دوون (Devon) در انگلستان گرفته شده است. کامبرین *(Cambrian)* از نام رومی ایالت ویلز مشتق می‌شود، در حالی که عنوان‌های اوردوویسین *(Ordovician)* و سیلورین *(Silurian)* یادآور اسامی دو قبیلهٔ باستانی اوردوویس‌ها (Ordovices) و سیلورها (Silures) در ویلز هستند. اما با پیدایش و گسترش اکتشافات زمین شناختی در سرزمین‌های دیگر، نام‌های جدید نیز تدریجاً از سراسر جهان به این علم جدید راه یافتند. ژوراسیک *(Jurassic)* به کوه‌های ژورا (Jura) در مرز فرانسه و سویس نسبت داده می‌شود. پرمین *(Permian)* یادآور استان قدیمی پرم (Perm) روسیه در منطقهٔ کوه‌های اورال است. اصطلاح کرتاسه (Cretaceous)، از ریشهٔ لاتینی به معنی «گچ») را مدیون یک زمین‌شناس بلژیکی هستیم که ژ. ژ دومالیوس دالوی نام داشت.

در آغاز، تاریخ زمین‌شناسی به چهار دوران تقسیم می‌شد: اول، دوم، سوم و چهارم. این تقسیم‌بندی به قدری ظریف بود که نتوانست خیلی دوام بیاورد، و زمین شناسان به فاصلهٔ اندکی پس از آن، تقسیم‌بندی‌های جدید پیشنهاد کردند و برخی تقسیم‌بندی‌ها را نیز حذف کردند. دوران‌های اول و دوم، یکسره از رواج افتادند، اما دوران چهارم را عده‌ای کنار گذاشتند و عده‌ای حفظ کردند. امروزه

فقط اصطلاح دوران سوم در همه جا به عنوان یک نام مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرد، هر چند این اصطلاح نیز نمایندهٔ دوران سوم هیچ چیز دیگری نیست.

لایل در کتاب اصول زمین‌شناسی خود چند واحد اضافی دیگر را نیز به کار گرفت که دور *(Epoch)* یا رشته *(Series)* از آن جمله‌اند و از آن‌ها برای اشاره به زمان پس از دایناسورها استفاده می‌شود. از دوره‌های معروف می‌توان به پلئیستوسن (Pleistocene) به معنی «جدیدترین،» پلیوسن (Pliocene) به معنی «جدیدتر،» میوسن (Miocene) به معنی «نسبتاً جدید،» و اصطلاح گنگ و دوست داشتنی اولیگوسن (Oligocene) به معنی «اما اندکی جدید» اشاره کرد. لایل ابتدا در نظر داشت از واژهٔ Synchronous (همزمان) به عنوان پسوند برای نام‌های بالا استفاده کند و عنوان‌هایی خشک چون Meiosynchronous و Pleiosynchronous بسازد. کشیش ویلیام ویول که از انسان‌های متنفذ آن روزگار بود از لحاظ ریشه‌شناسی زبان به اعتراض گشود و به جای آن استفاده از پسوند eous- را پیشنهاد کرد که این به ساخته شدن اصطلاحاتی چون Meioneous، Pleioneous و مانند این‌ها انجامید. پسوندهای cene- دار نیز توسط هر دو طرف به کار برده می‌شوند.

امروزه، زمان یا دوران زمین‌شناسی، به شکلی بسیار کلی، نخست به چهار بخش عمده به نام *era* (معادل «دوران») تقسیم می‌شود: پرکامبرین، پالئوزوئیک (از ریشهٔ یونانی به معنی «دیرین زیستی»)، مزوزوئیک («میان زیستی»)، و سنوزوئیک («نوزیستی»). این چهار دوران نیز به چندین دورهٔ کوچکتر شامل ۱۲ تا ۲۰ زیر گروه تقسیم می‌شوند که در زبان انگلیسی با واژهٔ Period («دوره») و گاهی نیز با واژهٔ System (نظام، سیستم) مشخص می‌شوند. اغلب این دوره‌ها به خوبی شناخته شده‌اند: کرتاسه، ژوراسیک، تریاسیک، سیلورین، و غیره.*

سپس می‌رسیم به دوره‌های لایل ـ پلئیستوسن، میوسن، و مانند این‌ها ـ که فقط در آخرین بخش شصت و پنج میلیون سالی (اما درگیر از لحاظ دیرین‌شناختی) زمان زمین‌شناسی کاربرد دارد، و در پایان، انبوهی از تقسیمات

---

* هدف در اینجا برگزاری آزمون نیست، اما اگر روزی لازم شد آن‌ها را از بر کنید شاید بد نباشد این اندرز بسیار مفید جان ویلفرد را به یاد داشته باشید که می‌گفت دوران‌ها (پرکامبرین، پالئوزوئیک، مزوزوئیک، و سنوزوئیک) در حکم چهار فصل سال و دوره‌ها (پرمین، تریاسیک، ژوراسیک، و غیره) را همچون ماه‌های سال در نظر بگیرید.

فرعیِ ظریف‌تر به نام مرحله یا عصر در اختیار داریم. اغلب این تقسیمات وی نیز نامگذاری شده‌اند، البته با استفاده از اسامی مکان، که به ترکیباتی همواره دشوار می‌انجامد: *Illinoian* (ایلینوین)، *Desmoinesian* (دموینین)، *Croixian* (کرواکسین)، *Kimmeridgian* (کیمریجین)، و الی آخر. بر روی هم، به گفتهٔ جان مک فی، تعداد این ترکیبات به «ده‌ها و صدها» می‌رسد. خوشبختانه تا زمانی که کسی در رشتهٔ زمین‌شناسی به تحصیل نپردازد احتمال اینکه یکی از آن‌ها نیز دوباره به گوشش برسد بسیار بعید است.

آنچه موجب گیج کنندگی هرچه بیشتر این موضوع می‌شود آن است که نام‌های دوره‌ها یا مرحله‌ها در آمریکای شمالی با مرحله‌های نام‌گذاری شده در اروپا متفاوت و توجه به زمان در آن‌ها اندک است. مثلاً مرحله سینیسناتین (Cinicinnatian) در آمریکای شمالی، تقریباً منطبق است بر دورهٔ اشگیلین (Ashgillian) در اروپا به اضافهٔ جزء کوچکی از مرحلهٔ کارادوسین (Caradocian) که اندکی پیش از آن واقع شده است.

علاوه بر آن، کل این تقسیم‌بندی از یک کتاب درسی به کتاب درسیِ دیگر و از شخصی به شخصی دیگر فرق می‌کند، به طوری که برخی از صاحب نظران معتقدند زمان اخیر زمین‌شناسی به هفت دوره تقسیم می‌شود اما برخی دیگر به چهار دوره رضایت می‌دهند. همچنین، متوجه خواهید شد که دوران‌های سوم و چهارم از برخی کتاب‌ها حذف شده‌اند و به جای آن‌ها دوره‌هایی با طول‌های متفاوت با نام‌های پالئوژن (Palaeogene) و نئوژن (Neogene) گنجانده شده‌اند. برخی دیگر، پرکامبرین را به دوران بسیار کهن آرکئن (Archean) یا کهن‌زی و دوران جدیدتر پروتروزوئیک تقسیم می‌کنند. گاهی نیز دیده می‌شود که اصطلاح فانروزوئیک (Phanerozoic) برای توصیف فاصلهٔ زمانی بین دوران‌های سنوزوئیک، مزوزوئیک، و پالئوزوئیک به کار برده می‌شود.

گذشته از این، تمامی اصطلاحات و شرح پیش گفته فقط در مورد زمان زمین‌شناسی کاربرد دارند. سنگ‌ها به واحدهایی اساساً مجزا به نام‌های سیستم، سری و مرحله تقسیم می‌شوند. بین پسین و آغازین (با اشاره به زمان) و علیا و سفلی (با اشاره به لایه‌های سنگ) نیز تمایز گذاشته می‌شود. این همه، در صورتی که برای افراد غیر متخصص مطرح شود می‌تواند بسیار گیج کننده باشد،

ولی برای زمین‌شناسان ممکن است بسیار جالب باشد. ریچار فورتی دیرین‌شناس بریتانیایی در مورد یکی از مباحث طولانی و دنباله‌دار سدهٔ بیستم بر سر تعیین حد فاصل بین کامبرین و اوردوویسین چنین نوشته است: «افراد بالغی را دیده‌ایم که چهره‌شان بر سر این یک هزارم ثانیه از تاریخ حیات، از خشم برافروخته شده است.»

ما دست‌کم در روزگار کنونی، می‌توانیم برخی از روش‌های پیچیده و پیشرفتهٔ تاریخ‌گذاری را به طور منظم برای علاقمندان مطرح کنیم. در بخش بزرگی از سدهٔ نوزدهم، زمین شناسان نمی‌توانستند به ابزاری غیر از حدس خوش‌بینانه متوسل شوند. وضعیت دلسرد کنندهٔ آن روزگار طوری بود که آن‌ها گرچه می‌توانستند سنگ‌ها و فسیل‌های مختلف را به صورت طبقه‌بندی شده برحسب عصر یا مرحله‌شان درآورند، اما هیچ تصوری از طول هر یک از عصرهای مذکور نداشتند. وقتی باکلند دربارهٔ قدمت یک اسکلت ایکتیوزوروس به بررسی و تفکر می‌پرداخت هیچ راهی جز این نداشت که بگوید جانور مذکور در «فاصله‌ای ده هزار ساله، یا بیش از ده هزار ضربدر ده هزار» سال پیش می‌زیسته است.

با آنکه هیچ روش قابل اطمینانی برای تاریخ‌گذاری دوره‌ها وجود نداشت، تعداد افراد مایل به تاریخ‌گذاری نیز کم نبود. نخستین تلاش معروف برای این کار در سال ۱۶۵۰ میلادی و زمانی به عمل آمد که جیمز آشر (James Ussher) کشیش اعظم کلیسای ایرلند، کتاب مقدس و دیگر منابع تاریخی موجود را دقیقاً مطالعه کرد و در کتاب گران‌سنگ خود با عنوان گاهنامهٔ عهد عتیق به این نتیجه رسید که کرهٔ زمین در ساعت ۱۲ روز ۲۳ اکتبر ۴۰۰۴ پیش از میلاد آفریده شده است. این ادعا از آن زمان به بعد همواره مایهٔ سرگرمی مورخان و نویسندگان کتاب‌های درسی بوده است.*

از قضا یک افسانهٔ ماندگار وجود دارد ــ و در بسیاری از کتاب‌های جدی نیز نقل شده است ــ بدین مضمون که نظرات آشر تا اوایل سدهٔ نوزدهم بر

* با آنکه عملاً در تمام کتاب‌ها جایی برای او در نظر گرفته می‌شود، ذکر جزییات مربوط به آشر با تنوعات بسیار چشمگیری همراه است. برخی منابع می‌گویند او نظرش را در سال ۱۶۵۰ اعلام کرد و برخی دیگر به سال ۱۶۵۴ باور دارند. در بسیاری از منابع، روز معروف به پیدایش زمین را ۲۶ اکتبر دانسته‌اند. املای نام او را در یک کتاب Usher نوشته‌اند. این موضوع به طرزی جالب در کتاب هشت توله خوک کوچولو نوشته استیفن جی گولد بررسی شده است.

اعتقادات علمی غالب بود، و این لایل بود که همه چیز را در جای خود قرار داد. استیفن جی گولد در کتاب پیکان زمان به مثالی معروف از یک کتاب پُرفروش دههٔ ۱۹۸۰ اشاره و آن را نقل می‌کند: «تا زمانی که لایل کتاب خود را منتشر نکرده بود اغلب افراد متفکر، این اندیشه را می‌پذیرفتند که کرهٔ زمین یک کرهٔ جوان است.» اما در واقعیت چنین نیست. همچنان که ج. س. رادویک می‌گوید: «هیچ زمین‌شناسی از میان ملت‌های دیگر که کارهایش توسط زمین شناسان دیگر جدی تلقی می‌شود از یک مقیاس زمانیِ محدود به چارچوب تفسیرهای نص سفر پیدایش هواداری نکرد.» حتی کشیش باکلند، در قالب والاترین روح مقدسی که سدهٔ نوزدهم توانسته بود به جامعه تحویل دهد می‌گوید در هیچ جای کتاب مقدس گفته نشده است که خداوند زمین و آسمان را در نخستین روز آفرید، بلکه فقط گفته می‌شود «در آغاز». به اعتقاد او، این آغاز می‌توانسته است «میلیون‌ها میلیون سال» به دراز کشیده باشد. هر کسی نظریهٔ کهن بودن کرهٔ زمین را می‌پذیرفت. مسأله فقط طول این دورهٔ کهن بود.

یکی از بهترین تلاش‌های اولیه برای تعیین عمر کرهٔ زمین توسط ادمند هالیِ همواره قابل اعتماد به عمل آمد. او در سال ۱۷۱۵ گفت اگر کل مقدار نمک موجود در آب‌های کرهٔ زمین را بر مقداری که هر سال بر آن افزوده می‌شود تقسیم کنیم تعداد سال‌های سپری شده از عمر اقیانوس‌ها را به دست می‌آوریم، که همین امر تصویری تقریبی از عمر کرهٔ زمین در اختیار ما قرار می‌دهد. منطق این روش جذاب بود ولی متأسفانه هیچ کسی نمی‌دانست چه مقدار نمک در دریاها وجود دارد یا هر سال چه مقدار بر آن افزوده می‌شود. بدین ترتیب آزمایش مذکور عملی نشد.

نخستین تلاش برای اندازه‌گیری به روشی نزدیک به روش‌های علمی، در دههٔ ۱۹۷۰-۷۹ توسط ژرژ لویی-لوکلر ملقب به کنت دو بوفون انجام شد. از سال‌ها پیش معلوم شده بود که کرهٔ زمین مقادیر قابل توجهی حرارت از خود ساطع می‌کند ــ هر کسی که به داخل یک معدن می‌رفت می‌توانست این حرارت را احساس کند ــ اما هیچ راهی برای تخمین سرعت انتشار این حرارت وجود نداشت. آزمایش بوفون عبارت بود از حرارت دادن دو کره تا حدی که رنگ‌شان بر اثر داغی به سفیدی بگراید، و سپس برآورد سرعت تلفات حرارت از طریق

لمس کردن آن‌ها (در ابتدای کار، ظاهراً خیلی سطحی) حین سرد شدن. او از روی این آزمایش، عمر زمین را بین ۷۵,۰۰۰ و ۱۶۸,۰۰۰ سال برآورد کرد. این برآورد، البته فاصله‌ای بس بزرگ با واقعیت داشت، ولی در عین حال یک نظریهٔ افراطی به شمار می‌رفت، به طوری که بوفون در معرض تهدید به تکفیر از طرف کلیسا به علت بیان چنین چیزی قرار گرفت. او که مردی اهل عمل بود بی‌درنگ به واسطهٔ بدعت‌گذاری بی‌فکرانه‌اش عذرخواهی کرد و پس از آن همین ادعاها را بدون هیچگونه نگرانی در نوشته‌های بعدی‌اش تکرار کرد.

تا اواسط سدهٔ نوزدهم بیشتر فرهیختگان روزگار معتقد بودند که از عمر زمین دست کم چند میلیون و شاید ده‌ها میلیون سال می‌گذرد، اما احتمالاً بیش از این نیست. به همین علت، وقتی چارلز داروین در سال ۱۸۵۹ در کتاب منشاء گونه‌ها اعلام کرد که فعل و انفعالات منتهی به تکمیل آفرینش منطقهٔ ویلد در انگلستان جنوبی شامل ولایت کِنت، ساری، و ساسکس بر طبق محاسبات او ۳۰۶,۶۶۲,۴۰۰ سال به درازا کشده است همه را تکان داد. این ادعا تا حدودی از این جهت جالب بود که به طرز خاصی بر یک نقطه تاکید داشت ولی از یک جهت دیگر که در برابر اندیشهٔ مرسوم در خصوص عمر کرهٔ زمین قد برافراشته بود بیشتر جلب توجه کرد.* این نظریه چنان بحث‌انگیز بود که داروین مجبور شد آن را از ویرایش سوم کتابش حذف کند. لیکن مسأله به جای خود باقی ماند. داروین و دوستان زمین‌شناس او به دانستن قدمت کرهٔ زمین نیاز داشتند ولی هیچ یک نمی‌توانستند راهی برای اثبات این قدیمی بودن پیدا کنند.

آنچه مایهٔ تأسف برای داروین و برای پیشرفت علم به شمار می‌رود این است که این موضوع به اطلاع لرد کلوین ریاضی‌دان و فیزیکدان بزرگ رسید (که گرچه قطعاً شخصیتی بزرگ بود، آن روزها از حد ویلیام تامسُن ساده فراتر نرفته بود. تا سال ۱۸۹۲ یعنی تا ۶۸ سالگی و در آخرین سال‌های فعالیت اداری‌اش لقب لرد

* داروین همیشه دوست داشت یک عدد دقیق اعلام کند. در یک اثر دیگرش اعلام کرد تعداد متوسط کرم که در یک ایکر از خاک انگلستان یافت میشود ۵۳,۷۶۷ حلقه است.

دریافت نکرده بود اما من در اینجا از سنت استفادهٔ عطف به ماسبق در ذکر نام او استفاده خواهم کرد). کلوین یکی از استثنایی‌ترین شخصیت‌های سدهٔ نوزدهم ــ و به بیان دقیق‌تر ــ از آغاز تا سدهٔ نوزدهم بود. هرمان فون هلمهولتس دانشمند آلمانی، که خود از روشنفکران برجستهٔ روزگار بود، در مورد کلوین نوشت که او در مقایسه با تمام انسان‌هایی که تاکنون دیده است «از بالاترین هوش، شفافیت بیان و تحرک اندیشه» برخوردار است. سپس مایوسانه افزود: «گاهی خودم را در کنار او انسانی دست و پا چلفتی احساس می‌کردم.»

این احساسات را می‌توان درک کرد، زیرا کلوین نوعی اَبَرمرد متعلق به عصر ویکتوریا در تاریخ بریتانیا بود. در سال ۱۸۲۴ در شهر بلفاست چشم به جهان گشود، پدرش استاد ریاضیات در انستیتوی آکادمیک سلطنتی بود که اندکی پس از تولد فرزندش به گلاسگو منتقل شد. در آنجا کلوین نشان داد استعدادی در حد یک نابغه دارد به طوری که در ده سالگی به دانشگاه گلاسگو راه یافت. زمانی که به بیست سالگی نزدیک می‌شد دورهٔ تحصیل در چند انستیتوی واقع در لندن و پاریس را به پایان رسانده و از دانشگاه کیمبریج فارغ‌التحصیل شده بود (در اینجا عالی‌ترین جوایز دانشگاهی را در رشتهٔ ریاضی و مسابقهٔ قایقرانی از آنِ خود کرد و اندکی فرصت به‌دست آورد و یک انجمن موسیقی نیز تأسیس کرد)، به عضویت و دستیاری در کالج پیترهاوس درآمده بود، و ده‌ها مقاله (به زبان‌های فرانسوی و انگلیسی) در زمینهٔ ریاضیات محض و کاربردی با چنان نوآوری خیره کننده‌ای نوشته بود که مجبور شد آن‌ها را با نام مستعار منتشر کند تا مبادا مایهٔ نگرانی بالادستان خود شود. در بیست و دو سالگی به دانشگاه گلاسگو بازگشت تا در مقام استاد فلسفهٔ طبیعی در آنجا تدریس کند. این مقام را طی دورهٔ ۵۳ سال بعدی عمرش نیز حفظ کرد.

کلوین طی زندگی طولانی‌اش (تا سال ۱۹۰۷ و هشتاد و سه سالگی زنده بود) ۶۶۱ مقاله نوشت، ۶۹ امتیاز انحصاری اختراعات به نام خود ثبت کرد (و نتیجتاً ثروتی کلان به دست آورد)، و تقریباً در تک تک رشته‌های علوم فیزیکی به شهرت رسید. از جمله ابتکاراتش، پیشنهاد روشی بود که مستقیماً به اختراع تبرید و یخچال انجامید، مقیاس دمای مطلق را ابداع کرد که امروزه نیز به نام خود او نامیده می‌شود، دستگاه‌های تقویت کننده‌ای را اختراع کرد که امکان ارسال

تلگرام از یک سوی اقیانوس‌ها به سوی دیگر اقیانوس‌ها را فراهم می‌آورند، و اطلاعات بی‌شماری در کارها و روش‌های کشتیرانی و ناوبری ــ از اختراع یک قطب‌نمای سادهٔ دریایی گرفته تا ساخت نخستین دستگاه ژرفایاب ــ انجام داد. آنچه گفته شد فقط گوشه‌ای از دستاوردهای علمی کلوین را تشکیل می‌دهد.

کارهای نظری کلوین در زمینه‌های الکترومغناطیس، ترمودینامیک و نظریهٔ موجی نور نیز به همان اندازه انقلاب آفرین بودند.* او در عمل فقط یک عیب داشت و آن این بود که نمی‌توانست عمر دقیق کرهٔ زمین را محاسبه و پیدا کند. این مسأله، بخش بزرگی از نیمهٔ دوم عمر کلوین را به خود اختصاص داد، اما او در هیچ موردی نتوانست حتی به آن نزدیک شود. در نخستین تلاش او بدین منظور که در قالب یک مقاله در نشریهٔ *Macmillan's* انتشار یافت عمر زمین معادل ۹۸ میلیون سال برآورد شده بود، اما محض احتیاط اعلام کرد که رقم مذکور را می‌توان از ۲۰ میلیون سال آغاز کرد و تا ۴۰۰ میلیون سال افزایش داد. او با دوراندیشی چشمگیری تایید کرد که «هرگاه منابع ناشناخته تا این تاریخ در گنجینهٔ بزرگ آفرینش فراهم شوند» این محاسبات ممکن است غلط از آب درآیند ــ اما روشن بود که او چنین چیزی را غیر محتمل می‌دانست.

با گذشت زمان، کلوین بر صراحت خود در ادعاهایش افزود و از دقت اظهاراتش کاست. او پیوسته در محاسباتش تجدیدنظر می‌کرد و از برآوردهای خود در جهت نزولی از حداکثر ۴۰۰ میلیون سال به ۱۰۰ میلیون سال و ۵۰

* بویژه، او قانون دوم ترمودینامیک را وضع کرد. بحث دربارهٔ این قانون‌ها خود به کتابی مستقل نیاز دارد ولی من در اینجا چکیده‌ای از آن را که توسط پ. و. اتکینز شیمی‌دان نوشته شده است در اختیار خوانندگان می‌گذارم: «ترمودینامیک چهار قانون دارد. از آن میان، سومین قانون که قانون دوم نامیده می‌شود نخست شناسایی شد؛ قانون نخست یا قانون صفرم، در پایان فرمول‌بندی شد؛ قانون دوم در مرتبهٔ دوم شناسایی شد؛ قانون سوم را نمی‌توان حتی قانون به مفهوم قانون‌های دیگر به شمار آورد.» به عبارت مختصر، در قانون دوم گفته می‌شود که مقداری از انرژی همیشه تلف می‌شود. ساختن دستگاهی با حرکت ابدی غیرممکن است زیرا صرفنظر از مقدار بازدهی چنین دستگاهی، انرژی آن همواره از دست خواهد رفت و دستگاه سرانجام از حرکت باز خواهد ایستاد. به موجب قانون دوم، نمی‌توان انرژی را آفرید و قانون سوم می‌گوید نمی‌توان دماها را تا حد صفر مطلق کاهش داد؛ همیشه مقداری گرمای پسماند وجود خواهد داشت. همچنان که دنیس اووربای گفته است این سه قانون اصلی گاهی به شوخی چنین بیان می‌شوند: (۱) نمی‌توان برنده شد، (۲) نمی‌توان سر به سر (مساوی) کرد، و (۳) نمی‌توان از بازی خارج شد.

میلیون سال کاست و سرانجام در سال ۱۸۹۷ به رقم ۲۴ میلیون سال رسید. کلوین نمی‌خواست لجاجت به خرج دهد. مسأله صرفاً از این قرار بود که چیزی در علم فیزیک وجود نداشت که با استناد به آن بتوان گفت جرمی به بزرگی خورشید چگونه می‌تواند پیوسته در دوره‌ای طولانی‌تر از چند ده میلیون سال بسوزد بی‌آنکه در حد اعلی، سوختنش به پایان برسد. به همین علت، چنین نتیجه‌گیری کرد که خورشید و سیارات پیرامونش نسبتاً، اما قطعاً، جوان هستند.

مشکل در اینجا بود که تقریباً تمام مدارک فسیلی به دست آمده با این برآورد مغایرت داشتند، و در سدهٔ نوزدهم نیز ناگهان انبوه بی‌پایانی از فسیل‌های گوناگون به دست آمد.

# ۶ علم با دندان و چنگال خونین

در سال ۱۷۸۷، شخصی در نیو جرسی ـ اینکه دقیقاً چه کسی بود، ظاهراً به فراموشی سپرده شده است ـ یک استخوان ران درشت را که در دیوارهٔ رودخانه‌ای در نقطه‌ای به نام وودبری کریک بیرون زده بود پیدا کرد. این استخوان، آشکارا به هیچ یک از انواع موجودات زنده مخصوصاً در نیو جرسی، تعلق نداشت. از اطلاعات اندکی که اکنون به دست آمده است گفته می‌شود استخوان مزبور به یک دایناسور منقار اردکی به نام هاردوسور تعلق داشته است.

این استخوان برای دکتر کاسپار ویستار، کالبدشناس بزرگ آمریکایی فرستاده شد و او در پاییز همان سال در جلسهٔ انجمن فلسفهٔ آمریکا در فیلادلفیا به توصیف آن پرداخت. متأسفانه ویستار چنانکه باید و شاید نتوانست به اهمیت این دستاورد پی ببرد و فقط به چند اظهار نظر احتیاط‌آمیز و کسل کننده بدین مضمون که استخوان مذکور عملاً یک دروغ شاخدار است بسنده کرد. بدین ترتیب، او پنجاه سال پیش از هر محقق دیگر، فرصت تبدیل شدن به کاشف دایناسورها را از دست داد. به عبارت دقیق‌تر، آن استخوان به قدری با بی‌توجهی و بی‌علاقگی مواجه شد که راهی جز انبار اشیای غیرضروری و نهایتاً گم شدن برایش باقی نماند. بنابراین نخستین استخوان دایناسور یافت شده نخستین استخوان گم شدهٔ دایناسور نیز بود.

اینکه استخوان مذکور نتوانست توجه بیشتری را به خود جلب کند خیلی شگفت‌آور است زیرا کشف آن در زمانی رخ داده بود که سراسر آمریکا را موج دری وری بافی در مورد بقایای جانوران بزرگ باستانی در می‌نوردید. علت اوج‌گیری این موج نیز ادعای عجیب و غریبی بود که کنت دو بوفون طبیعت

شناس فرانسوی ـ همان که با آزمایش دوگوی داغ شده‌اش در فصل پیش آشنا شدیم ـ مطرح ساخت و گفت که جانداران دنیای جدید تقریباً از تمامی جهات از جانداران دنیای قدیم (اروپا، آسیا، آفریقا) پست‌ترند. بوفون در کتاب عظیم و بسیار ستودنی خود با عنوان تاریخ طبیعی نوشت آمریکا سرزمینی است که آب در آن راکد بود، خاک حاصلخیز نبود، جانوران ابعاد و قدرت لازم را نداشتند، و اندام‌های آن‌ها بر اثر «بخارهای سمی» برخاسته از باتلاق‌های پوسیده و جنگل‌های آفتاب ندیدهٔ آن روز به روز ضعیف‌تر می‌شدند. در چنین محیطی، حتی سرخ‌پوستان بومی فاقد هرگونه قدرت جسمانی و مردانگی می‌شدند. بوفون، فیلسوف منشانه گفت: «و هیچ میلی به جنس مؤنث ندارند.» اندام‌های تناسلی ایشان «کوچک و ضعیف» است.

اظهار نظرهای بوفون با حمایت مشتاقانهٔ بسیاری از نویسندگان دیگر بویژه آنانی روبرو شد که نتیجه‌گیری‌های‌شان بر اثر آشنایی علمی با این کشور، پیچیدگی لازم را پیدا نکرده بودند. یک هلندی به نام کومی دپو در کتابی عامه پسند به نام پژوهش‌های فلسفی دربارهٔ آمریکاییان اعلام کرد که بومیان مذکر آمریکایی نه فقط از لحاظ تولید مثل فاقد جذابیت لازمند بلکه چنان از «قدرت جسمانی و مردانگی تهی‌اند که در پستان‌شان شیر داشتند.» چنین اظهار نظرهایی، مدت‌های طولانی دوام آوردند و تقریباً تا اواخر سدهٔ نوزدهم در متن‌های درسی اروپاییان بازتاب یافتند.

جای تعجب ندارد که در قارهٔ آمریکا، این بدگویی‌ها خشم عمومی را برمی‌انگیخت. تامس جفرسن، در کتاب یادداشت‌هایی دربارهٔ ایالت ویرجینیا، انکاریه‌ای تند و خشماگین (و حیرت‌انگیز، جز در مواردی که از متن آن استنباط می‌شود) تهیه کرد و دوست نیو همپشری‌اش یعنی ژنرال جان سالیوان را ترغیب کرد تا ۲۰ نفر برای پیدا کردن یک گوزن نر به جنگل‌های شمالی آمریکا اعزام کند و همان را به نشانهٔ مدرکی دال بر اثبات توانمندی و شکوه چارپایان آمریکایی به بوفون هدیه کند. سربازان دو هفته به دنبال پیدا کردن گوزنی نر و مناسب این هدف گشتند. این گوزن متأسفانه وقتی شکار شد فاقد آن شاخ‌های شکوهمندی بود که جفرسن انتظارش را داشت، اما سالیوان فکری به خرج داد و یک جفت شاخ گوزن نر از یک نژاد دیگر را همراه جانور فرستاد تا به جای آن شاخ‌های افتاده چسبانده شوند. راستی، چه کسی می‌تواند تشخیص دهد که این شاخ‌ها به گوزنی دیگر تعلق دارند؟

در این ضمن، در فیلادلفیا ـ شهر ویستار ـ طبیعت شناسان، گردآوری و برهم سوار کردن استخوان‌های یک جانور فیل مانند را آغاز کرده بودند که در آغاز «جانور ناشناختهٔ بزرگ آمریکایی» نامیده می‌شد اما بعدها معلوم شد، نه کاملاً درست، یک ماموت است. نخستین استخوان‌های این جانور در محلی به نام بیگ بون لیک در ایالت کنتاکی کشف شده بودند، اما به زودی استخوان‌های دیگری در سراسر ایالات متحد آمریکا یافت شدند. به نظر می‌رسید که آمریکا روزگاری خاستگاه یک جانور حقیقتاً عظیم‌الجثه بوده باشد ـ جانوری که بدون تردید ادعاهای احمقانهٔ بوفون را رد می‌کرد.

طبیعت شناسان آمریکایی ضمن اشتیاق شدیدی که به نشان دادن عظمت و درندگی این جانور ناشناخته داشتند، ظاهراً اندکی از مسیر خود خارج شدند. ابعاد جانور را با ضریب تقریبی شش برابر، به خطا تعیین کردند و چنگال‌هایی خوفناک برایش در نظر گرفتند که در اصل به جانوری به نام مگالونیکس یا تنبل غول‌آسای زمینی تعلق داشت و در همان نزدیکی‌ها یافت شده بود. آنان به طرزی چشمگیر، خودشان را متقاعد کردند که این جانور از «چابکی و درندگی ببر» برخوردار بوده است و در تصویرها، آن را با هیبت گربه‌سانان در حال جست زدن به روی شکار خود از روی سنگلاخ نشان می‌دادند. وقتی عاج‌های جانور یافت شدند، هر تعدادی از آن را که خوش‌شان می‌آمد به ابتکار خودشان به زور در کلهٔ جانور کار گذاشتند. یک بازسازی کننده، عاج‌ها را وارونه به کلهٔ جانور پیچ کرد، درست مانند دندان‌های نیش یک ببر دندان خنجری، که شکلی تهاجمی و پذیرفتنی به آن می‌داد. دیگری، عاج‌ها را طوری جاسازی کرد که رو به عقب خمیدگی پیدا کردند، باتوجه به این فرض جذاب که گویا جانور مذکور آب‌زی بوده است و از این عاج‌ها برای مهارکردن خودش به درختان در ساعات خواب استفاده می‌کرده است. اما مناسب‌ترین حدس در مورد شکل و ریخت این جانور ناشناخته آن بود که نسل جانور را از بین رفته اعلام کرد ـ و این همان نکته‌ای بود که بوفون از آن با آغوش باز به عنوان دلیلی برای اثباتِ رو به انحطاط بودن این جانور استقبال کرد.

بوفون در سال ۱۷۸۸ چشم از جهان فروبست، ولی اختلاف نظر و مشاجره در مورد این جانور ادامه پیدا کرد. در سال ۱۷۹۵ مجموعه‌ای از استخوان‌های یافت شده به پاریس ارسال شد و در آنجا به وسیلهٔ ژرژ کوویه از پژوهندگان

موفق، جوان و اشراف‌منش در عرصهٔ دیرین‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. کوویه در آن روزها با نبوغ خود در گردآوری انبوهی از استخوان‌های مجزا و بستن آن‌ها به یکدیگر در شکل‌های جالب، مردم را گیج کرده بود. می‌گفتند او می‌توانست طرز نگاه و طبیعت هر جانور را از روی یک دندان یا تکه‌ای از فکش تشخیص و غالباً نوع و جنس آن را نیز تعیین کند. کوویه به محض آنکه تشخیص داد تا آن زمان کسی در آمریکا به فکر نوشتن گزارش مشروح و رسمی دربارهٔ این جانور سنگین و عظیم نیفتاده است این کار را انجام داد و بدین ترتیب به عنوان کاشف رسمی آن شناخته شد. او این جانور را ماستودون نامید (که اندکی خارج از انتظار به معنی «دندان پستانکی» بود).

کوویه با الهام از مشاجرهٔ جاری در سال ۱۷۹۶ یک گزارش بزرگ به نام توضیحی دربارهٔ گونهٔ فیل‌های زنده و فسیلی نوشت و در آن نخستین‌بار نظریهٔ رسمی انقراض نسل‌ها را مطرح ساخت. او معتقد بود که کرهٔ زمین هرچند وقت یک‌بار دستخوش فاجعه‌های مصیبت‌بار در سراسر زمین شده است که طی آن گروه‌های بسیاری از جانوران نابود شده‌اند. در نظر انسان‌های مذهبی، از جمله خود کوویه این اندیشه موجب مشکلات نگران کننده گردید زیرا حکایت از آن داشت که نوعی فاجعه از جانب پروردگار برای موجودات خاکی در نظر گرفته می‌شود. راستی چرا خداوند باید این همه انواع جانوران را صرفاً برای نابود کردن بیافریند؟ این نظریه با اعتقاد به زنجیرهٔ بزرگ هستی که معتقد بود جهان از نظمی دقیق برخوردار است و هر موجود زنده در داخل آن مقام و هدفی خاص خود دارد، همیشه داشته است و همیشه خواهد داشت، در تضاد بود. جفرسن هم نمی‌توانست به این فکر تن در دهد که روزی اجازهٔ نابودی کل انواع جانوران و گیاهان صادر شود (یا برای کامل شدن به آنجا بیانجامد). بنابراین وقتی به او گفته شد که اعزام یک گروه برای انجام کاوش‌های علمی در ورای منطقهٔ میسی‌سی‌پی ممکن است دارای ارزش علمی و سیاسی باشد او بی‌درنگ این اندیشه را پذیرفت به این امید که ماجراجویان جسور با گله‌هایی از ماستودون‌های سالم و دیگر جانوران عظیم‌الجثه در حال چرا در دشت‌های سرشار از نعمت آمریکا روبرو شوند. مری‌ودر لویس منشی خصوصی و دوست مطمئن جفرسن به عنوان رهبر همکار و طبیعت‌شناس ارشد هیئت اعزامی برگزیده شد. شخصی که برای

مشورت در زمینهٔ تصمیم‌گیری برای جستجوی انواع جانوران زنده و منقرض شده انتخاب شد کسی جز کاسپار ویستار نبود.

در همان سال ــ به عبارت دقیق‌تر، در همان ماه ــ که کوویهٔ اشراف‌منش و نامدار دست‌اندرکار مطرح ساختن نظریه‌های خود در پاریس بود، در آن سوی کانال مانش نیز یک انگلیسی نسبتاً گمنام به کاوش در ارزش فسیل‌ها پرداخته بود که پیامدهایی ماندگار نیز از خود بر جای گذاشت. ویلیام اسمیت سرپرست جوان کارهای ساختمانی کانال زغال سنگ سامرست بود. غروب روز ۵ ژانویهٔ ۱۷۹۶، در حالی که در یک مسافرخانهٔ بین راهی مخصوص دلیجان‌ها در سامرست نشسته بود، نظریه‌ای را روی کاغذ آورد که سرانجام موجب شهرت وی شد. برای تفسیر سنگ‌ها باید نوعی ارتباط یا شالوده‌ای وجود داشته باشد که بر اساس آن بتوان گفت آن سنگ‌های کربونیفر (دورهٔ زغالینه) به دست آمده از دِوون، از این سنگ‌های کامبرین به دست آمده از ویلز جوان‌تر هستند. ژرف‌نگری اسمیت در آن بود که تشخیص داد پاسخ مسأله در وجود فسیل‌ها است. در هر تغییری که در لایه‌های سنگ رخ می‌دهد برخی از نوع‌های فسیل نابود می‌شوند اما برخی دیگر باقی می‌مانند و تا سطوح بعدی ادامه پیدا می‌کنند. با مشاهدهٔ این که کدام نوع فسیل جانوران در کدام لایه‌ها ظاهر می‌شوند می‌توان عمر نسبی سنگ‌ها را صرفنظر از اینکه در کجا ظاهر می‌شوند پیدا کرد. اسمیت با بهره‌گیری از اطلاعات خود در مقام یک نقشه‌بردار، بی‌درنگ دست اندرکار تهیهٔ نقشهٔ لایه‌های سنگ در بریتانیا شد، که پس از آزمایش‌های بسیار در ۱۸۱۵ منتشر شد و به عنوان سنگ بنای زمین‌شناسی نوین شناخته شد. (داستان این دستاورد به طور کامل در کتاب نقشه‌ای که جهان را تغییر داد نوشتهٔ سایمن وینچستر تشریح شده است.)

متاسفانه اسمیت علیرغم ژرف‌نگری کافی، علاقه‌ای به پی‌گیری دلیل آرایش خاص سنگ‌ها بر روی هم یا در کنار هم از خود نشان نمی‌داد، که جای تعجب دارد. او نوشت: «من معمای مربوط به منشاء لایه‌های سنگی را از خود به یادگار گذاشته‌ام و خوشحال هستم که به چنین چیزی پی برده‌ام. شناختن چراها و کجاهای این مساله را نمی‌توان از یک نقشه‌بردار کانی‌شناسی انتظار داشت.»

پرده‌برداری از وجود لایه‌های سنگی، مشکل اخلاقی مربوط به نابودی موجودات زنده را از میان برداشت. نخست آنکه بر این نکته مُهر تأیید زد که پروردگار، موجودات زنده را نه هر چند گاه یک‌بار بلکه به کرات نابود کرده است. این موضوع، خداوند را بیش از آنکه موجودی بی‌احتیاط نشان دهد موجودی خصم‌اندیش نشان می‌داد. همچنین، تبیین چگونگی نابود شدن برخی گونه‌ها و ادامه یافتن حیات برخی دیگر بدون برخورد به موانع بازدارنده طی سالیان را به ضرورتی نگران کننده تبدیل می‌کرد. روشن است که دلایل نابودی گونه‌ها به قدری زیاد بود که نمی‌شد فقط به یک سیل یا توفان نوح مذکور در کتاب مقدس بسنده کرد. کوویه، این مسأله را مطابق میل خود با طرح این پیشنهاد حل کرد که آنچه در سفر پیدایش آمده است فقط در مورد آخرین سیل‌ها و توفان‌ها مصداق دارد. پروردگار، ظاهراً نمی‌خواسته است حواس موسی را با اعلام خبر نابودی‌های بی‌ربط پیشین پرت کند یا موجب هراس او شود.

بدین ترتیب، فسیل‌ها تا نخستین سال‌های سدهٔ نوزدهم مختصر اهمیت گریزناپذیری به دست آورده بودند که بخت برگشتگی ویستار را در مشاهدهٔ اهمیت استخوان دایناسوری که در دست داشت ناگوارتر می‌ساخت. اما ناگهان، استخوان‌ها یکی پس از دیگری، از زیر خاک خارج شدند. برای آمریکایی‌ها چندین فرصت دیگر پیش آمد که می‌توانستند مدعی کشف دایناسور شوند، اما جملگی به هدر رفت. در سال ۱۸۰۶ هیأت اعزامی لویس و کلارک از سازند هل کریک در مونتانا عبور کرد و حتی چیزی را که آشکارا یک استخوان دایناسور مدفون در میان توده‌های سنگ بود از نزدیک مشاهده و بررسی کرد، ولی نتوانست هیچ استفاده‌ای از آن به عمل آورد. در درهٔ رود کنکتیکت از ایالت نیوانگلند نیز پس از آنکه پسرکی روستایی به نام پلینوس مودی رد مسیرهای باستانی را در یک برآمدگی سنگی واقع در ساوت هادلی از ایالت ماساچوست پیدا کرد، برخی استخوان‌ها و رد پاهای فسیل شده کشف شدند. برخی از این یافته‌ها دست‌کم تا امروز باقی مانده‌اند ــ بویژه استخوان‌های یک آنچیساروس، که در مجموعهٔ موزهٔ پیبادی در دانشگاه ییل نگه‌داری می‌شوند. این استخوان‌ها که در سال ۱۸۱۸ یافت شدند نخستین استخوان‌های دایناسور بودند که مورد بررسی قرار گرفتند و نجات یافتند، اما متاسفانه تا سال ۱۸۵۵ کسی تشخیص

نداد که این استخوان‌ها به دایناسورها تعلق دارند. در همان سال یعنی در ۱۸۱۸، کاسپار ویستار چشم از جهان فروبست اما وقتی گیاه‌شناسی به نام تامس ناتال یک درختچهٔ بالاروندهٔ زیبا را به نام او نام‌گذاری کرد، یک فناناپذیری غیر منتظرهٔ نصیبش شد. در برخی تحقیقات گیاه‌شناسی، هنوز هم آن درختچه را ویستاریا می‌نامند.

***

اما در این روزگار، موج دیرین‌شناسی به انگلستان رسیده بود. در سال ۱۸۱۲، در لایم ریجیس واقع در ساحل دورست، کودکی اعجوبه به نام مری انینگ ـ یازده، دوازده یا سیزده ساله، برحسب اینکه کدام گزارش به دست خواننده رسیده باشد ـ یک هیولای فسیل شدهٔ عجیب دریایی پیدا کرد که هفده فوت طول داشت و ایکتیوزاروس نامیده می‌شد، و در پرتگاه‌های تند و خطرناک واقع در امتداد ساحل دریای مانش مدفون شده بود.

این، مقدمهٔ یک زندگی فوق‌العاده استثنایی بود. انینگ دورهٔ سی و پنج سالهٔ بعدی عمرش را صرف گردآوری انواع فسیل و فروش آن‌ها به گردشگران کرد. (عموماً گفته می‌شود که وی منشاء پیدایش عبارت زبان‌گیر She Sells Sea-Shells on the Seashore به معنی «او صدف دریایی در ساحل دریا می‌فروشد» بوده باشد.) او همچنین نخستین پلئیزیوزاروس را که نوعی هیولای دریایی دیگر است، و یکی از بهترین پترواداکتیل‌ها را کشف کرد. گرچه هیچ یک از جانوران به معنی فنی کلمه یک دایناسور نبودند، در آن روزها ارتباط چندانی هم به موضوع روز نداشتند زیرا هنوز کسی نمی‌دانست اصولاً دایناسور چیست. کافی بود کسی پیدا شود و تشخیص دهد که روزگاری، موجوداتی در این کرهٔ خاکی می‌زیسته‌اند که هیچ شباهتی به آنچه امروزه ممکن است در آن یافت شود نداشته‌اند.

موضوع فقط به اینجا ختم نمی‌شد که انینگ می‌توانست فسیل‌ها را به خوبی ردیابی و پیدا کند ـ هرچند از این لحاظ هم رقیبی نداشت ـ بلکه او می‌توانست فسیل‌ها را با دقت بسیار و بی‌آنکه آسیبی ببینند از جای‌شان خارج سازد. اگر فرصتی برای بازدید از تالار خزندگان دریایی در موزهٔ تاریخ طبیعی لندن داشته باشید، توصیه می‌کنم حتماً از آن موزه بازدید کنید زیرا برای شناخت و درک مقیاس و زیبایی چیزهایی که این خانم جوان در جریان کار دست‌تنها و با استفاده از ابتدایی‌ترین ابزارها در شرایطی تقریباً غیر ممکن به دست آورده است

هیچ راه دیگری وجود ندارد. خارج کردن پلئیزیوزاروس به تنهایی نیازمند ۱۰ سال حفاری شکیبانه توسط وی بود. انینگ با آنکه هیچ آموزشی در زمینهٔ فسیل‌ها ندیده بود می‌توانست نقشه‌ها و توصیف‌های بسیار دقیق برای دانشمندان و محققان نیز تهیه کند. اما علیرغم مهارتی که در این زمینه داشت، نتوانست به کشفیات خیلی مهم نایل آید و بخش بزرگی از عمرش را به فقر و تنگدستی گذراند.

در تاریخ دیرین‌شناسی به سختی می‌توان کسی را پیدا کرد که بیش از مری انینگ مورد بی‌توجهی قرار گرفته باشد، اما واقعیت آن است که زندگی یک محقق دیگر به نام گیدیون الجرنن منتل که پزشکی روستایی در منطقهٔ ساسکس بود به طرز دردآوری به زندگی انینگ شباهت پیدا کرد.

منتل مجموعهٔ بلند قامتی از انواع نقطه ضعف‌ها ــ مغرور، خودشیفته، خوک صفت و بی‌توجه به خانواده ــ بود اما هیچ دیرین شناس خودساخته‌ای وجود نداشت که به گردپای او برسد. از یک لحاظ دیگر بخت یارش بود که همسری از خودگذشته و هوشیار داشت. در سال ۱۸۲۲، در حالی که منتل برای معاینهٔ یک بیمار به منزل او در یکی از روستاهای ساسکس رفته بود، خانم منتل هم برای پیاده روی در کوچهٔ مجاور از خانه خارج شد و در یک کپه قلوه‌سنگ که برای پر کردن چاله‌ها در آنجا ریخته بودند یک شیء عجیب پیدا کرد ــ سنگی خمیده به رنگ قهوه‌ای و تقریباً به اندازهٔ یک گردوی کوچک. او که می‌دانست شوهرش خیلی به فسیل‌ها علاقمند است و به گمان اینکه شیء مزبور یک فسیل است آن را برداشت و با خود به خانه برد. منتل بلافاصله آن را گرفت و خوب که در آن دقیق شد فهمید یک دندان فسیل شده است و پس از مدتی بررسی مطمئن شد که به یک جانور بی‌نهایت بزرگ ــ به طول ده‌ها فوت ــ و گیاهخوار از نوع خزندگان دورهٔ کرتاسه تعلق دارد. او از هر لحاظ درست می‌گفت، اما این‌گونه اظهار نظرها و نتیجه‌گیری‌ها بسیار جسورانه بودند زیرا تا آن زمان چیزی مانند این جانور دیده نشده بود یا حتی کسی آن را به تصور نیاورده بود.

منتل که می‌دانست کشفش تمام اطلاعات مربوط به گذشته را زیر و رو خواهد کرد و با توجه به اصرار دوستش کشیش ویلیام باکلند ــ این انسان روحانی و مشتاق تجربه‌گری ــ دایر بر رعایت جانب احتیاط، سه سال از عمرش را به تلاشی طاقت‌فرسا در راه پیدا کردن مدارک پشتیبان برای تأیید نتیجه‌گیری‌هایش

اختصاص داد. دندان مذکور را برای اظهار نظر نزد کوویه در پاریس فرستاد، اما این فرانسوی بزرگ با فرض اینکه دندان یک هیپوپوتاموس برایش فرستاده شده است موضوع را نادیده گرفت. (کوویه بعدها به واسطهٔ این خطای عجیب، صمیمانه عذرخواهی کرد.) یک روز، وقتی منتل در موزهٔ هانترین لندن مشغول تحقیق بود با پژوهشگری وارد گفتگو شد که می‌گفت دندان مذکور خیلی به دندان‌های جانوری شباهت دارد که وی تاکنون مطالعه می‌کرده است، یعنی ایگوانای آمریکای جنوبی. یک مقایسهٔ شتابزده، تشابه آن دو را تأیید کرد. به همین دلیل، جانور عظیم‌الجثهٔ منتل به تقلید از یک بزمجهٔ آفتابخوار گرمسیری که هیچ ارتباطی به آن نداشت، ایگوانودون نامیده شد.

منتل، در این مورد یک مقاله آماده کرد تا به انجمن سلطنتی تحویل دهد. متأسفانه معلوم شد یک دایناسور دیگر در یک معدن سنگ واقع در آکسفردشر پیدا شده و اندکی پیش از این رسماً توسط کشیش باکلند ــ همان مردی که به او توصیه می‌کرد در کارش شتاب به خرج ندهد ــ بررسی و توصیف شده است. این دایناسور، مگالوزاروس نام داشت، و این نام نیز توسط دکتر جیمز پارکینسن دوست باکلند پیشنهاد شده بود که خودش بنیان‌گذار و نام‌گذار بیماری پارکینسن بود. شاید به یاد داشته باشید که پیش از این گفتیم باکلند پیشتر یک زمین شناس بود و این جنبه را در جریان تحقیقاتش در مورد مگالوزاروس نشان داد. او در گزارشی برای نشریهٔ علمی انجمن زمین‌شناسی لندن متذکر شد که دندان‌های این جانور مانند دندان‌های بزمجه مستقیماً به استخوان فک وصل نیست بلکه مانند دندان‌های تمساح در حفره‌های مخصوص قرار گرفته است. اما باکلند که تا اینجا پیش آمده بود نتوانست معنی این تفاوت را دریابد: مگالوزاروس نوعی جانور تماماً جدید بود. بدین ترتیب، با آنکه گزارش مذکور از تیزهوشی یا ژرف‌نگری چندانی برخوردار نبود، ولی نخستین توصیف انتشار یافته در مورد یک دایناسور بود، و به همین علت افتخار کشف این تیرهٔ باستانی موجودات زنده به جای آنکه نصیب منتل شود که شایستهٔ آن بود نصیب وی شد.

منتل که نمی‌دانست نومیدی تدریجی به یکی از جنبه‌های دایمی زندگی‌اش تبدیل خواهد شد به جستجو برای پیدا کردن فسیل‌های جدید ادامه داد ــ در سال ۱۸۳۳ غولی دیگر پیدا کرد که هیلائوزاروس نام داشت ــ و چندین

فسیل دیگر از معدنچیان و کشاورزان خرید به طوری که احتمالاً صاحب بزرگترین مجموعهٔ فسیل در بریتانیا شد. منتل پزشکی برجسته و از شکارگران تیزهوش انواع فسیل بود اما امکانات مالی لازم برای پرداختن به این دو جنبه از استعداد خویش را نداشت. با تشدید شیدایی‌اش به گردآوری فسیل، پرداختن به پزشکی را فراموش کرد. در اندک مدتی، خانهٔ مسکونی‌اش در برایتن انباشته از فسیل شد و بخش بزرگی از درآمد او را بلعید. بخشی از باقیماندهٔ درآمدش نیز صرف تأمین مخارج انتشار کتاب‌هایی شد که کمتر کسی مایل به خریدشان بود. از کتاب تصاویری از زمین‌شناسی ساسکس که در سال ۱۸۲۷ منتشر شد فقط پنجاه نسخه فروش رفت و ۳۰۰ پوند ضرر به بار آورد، که باتوجه به ارزش پول در آن روزگار، مبلغی کلان بود.

منتل از روی درماندگی به این فکر افتاد که خانه‌اش را به موزه تبدیل کند و ورودیه‌ای برای بازدید کنندگان در نظر بگیرد، که وقتی تشخیص داد چنین اقدام پول دوستانه‌ای به جایگاه نجیب‌زادگی و دانشمند بودنش لطمه خواهد زد اندکی دیر شده بود، به همین علت تصمیم گرفت بازدید از مجموعه را رایگان اعلام کند. مردم صد تا صد تا، هفته از پی هفته به بازدید آمدند و موجب از هم‌گسیختگی رشتهٔ فعالیت و زندگی خانوادگی‌اش شدند. سرانجام مجبور شد بخش بزرگی از مجموعهٔ فسیل‌هایش را برای بازپرداخت بدهی‌هایش بفروشد. اندکی بعد همسرش او را ترک گفت و چهار فرزندش را نیز با خود برد. فراموش نکنید که مشکلات منتل تازه شروع شده بود.

در منطقهٔ سایدنم در جنوب لندن، در محلی به نام کریستال پالاس پارک، منظره‌ای عجیب و فراموش شده دیده می‌شود: نخستین مدل‌های دایناسور به اندازهٔ طبیعی در جهان. این روزها افراد اندکی به بازدید از آنجا می‌روند اما روزگاری، یکی از معروف‌ترین جاذبه‌های گردشگری لندن همین مدل‌ها ــ به قول ریچارد فورتی، نخستین پارک موضوعی جهان ــ بودند. بسیاری از اجزای این مدل‌ها در جای درست خود قرار نگرفته‌اند. انگشت شست ایگوانودون به صورت یک سیخ، روی بینی جانور نصب شده است، و خود جانور نیز روی

چهار دست و پا ایستاده است و ظاهرش نیز به یک سگ نسبتاً تناور و بد قیافه شباهت پیدا کرده است. (در حالت زنده، ایگوانودون روی چهار دست و پا راه نمی‌رفته بلکه جانوری دو پا بوده است.) اگر امروز نگاهی به آن‌ها بیندازید به ندرت ممکن است بتوانید حدس بزنید که این جانوران ناقص، سنگین و کندرو می‌توانسته‌اند موجب کینه و تلخکامی شوند، ولی چنین شدند. در تاریخ طبیعی، شاید هیچ چیزی بیش از تیرهٔ جانوران باستانی معروف به دایناسورها محور خشونت قرار نگرفته است.

در زمانی که این دایناسورها ساخته می‌شدند، سایدنم در حاشیهٔ لندن واقع شده بود و پارک وسیع آن محلی مناسب برای برپاداشتن بنای معروف کریستال پالاس یا ساختمانی از شیشه و چدن در نظر گرفته شد که شاهکار نمایشگاه بزرگ سال ۱۸۵۱ به شمار می‌رفت، و پارک جدید نیز طبیعتاً نام خود را از آن گرفته است. دایناسورها، که از بتون ساخته شده بودند، نوعی جاذبهٔ گردشگری رایگان به شمار می‌رفتند. در شب عید سال ۱۸۵۳ بیست و یک دانشمند معروف در داخل بدنهٔ ایگوانودون به میهمانی شام دعوت شده بودند. گیدیون منتل، همان مردی که ایگوانودون را یافته و شناسایی کرده بود در میان دعوت شدگان حضور نداشت. ریاست جلسه را بزرگترین ستارهٔ علم جدید دیرین‌شناسی بر عهده داشت. نامش ریچارد اوئن بود و تا این تاریخ، بیشترین سال‌های عمرش را در راه تلخ کردن و جهنمی کردن زندگانی گیدیون منتل سپری کرده بود.

اوئن در لنکستر واقع در شمال انگلستان تربیت شده و به دریافت درجهٔ دکتری پزشکی نایل آمده بود. او مادرزادی کالبدشناس بود و به قدری به مطالعات خود علاقه داشت که گاهی به طور غیرقانونی، اندام‌هایی چون دست و پا و دیگر قسمت‌ها را از جسدها جدا می‌کرد و برای تشریح در ساعات فراغت به خانه می‌برد. یک بار، وقتی کیسه‌ای را با خود حمل می‌کرد که کلهٔ تازه از تن جدا شدهٔ یک ملوان سیاه پوست افریقایی در آن بود، پایش لیز خورد و وحشت زده، کله را دید که جست و خیز کنان از سرازیری کوچه به پایین رسید و داخل خانه‌ای شد که درهایش باز بودند، و همانجا جلوی اتاق پذیرایی از حرکت ایستاد. اینکه اهالی خانه به محض مشاهدهٔ کله‌ای که غلت‌زنان تا پیش پای‌شان رسیده و همان جا متوقف شده است چه گفته‌اند، از دایرهٔ حدس و گمان خارج نمی‌شود. وقتی

یک لحظه بعد، جوانی دلواپس را دیدند که شتابان داخل خانه شد و بی‌آنکه کلمه‌ای از دهانش درآید کله را برداشت و گریخت، می‌توان گفت آن‌ها به هیچ نتیجهٔ خاص نرسیده بودند.

در سال ۱۸۲۵ اوئن که تازه به بیست و یک سالگی رسیده بود به لندن نقل مکان کرد و اندکی بعد به استخدام کالج جراحان سلطنتی درآمد تا آن‌ها را در سازمان‌دهی مجموعه‌های گسترده اما آشفتهٔ نمونه‌های پزشکی و تشریحی‌شان یاری کند. بیشتر این نمونه‌ها را جان هانتر جراح نامدار و گردآوری کنندهٔ خستگی‌ناپذیر اشیا و نمونه‌های نایاب پزشکی به کالج اهدا کرده بود، اما تا این تاریخ کسی آن‌ها را طبقه‌بندی یا سازمان دهی نکرده بود، آن هم عمدتاً به این دلیل که کارهای دفتری انجام شده در تشریح اهمیت هر یک از اشیا، اندکی پس از مرگ هانتر مفقود شده بودند.

اوئن توانایی خود را در عرصهٔ سازمان‌دهی و نتیجه‌گیری سریعاً اثبات کرد. در عین‌حال نشان داد که کالبدشناسی بی‌نظیر و برخوردار از غریزهٔ بازسازی جانداران و همتراز کوویهٔ بزرگ در پاریس است. او به چنان درجه‌ای از کارشناسی در کالبدشناسی رسید که حق اولویت خرید هر جانور فوت شده در باغ‌وحش‌های لندن به او اعطا شد، و او نیز این جانوران را همیشه به خانه می‌برد تا بررسی و تشریح کند. همسرش یک بار وقتی به خانه بازگشت، جسد کرگدنی را دید که در راهروی ورودی افتاده و راه را بسته بود. اوئن در اندک مدتی کارشناس بزرگ تمام انواع جانوران زنده و نابود شده ـ از پلاتیپوس، مورچه‌خوار و دیگر کیسه‌داران جدیداً کشف شده گرفته تا دودوی بخت برگشته و پرندگان غول پیکر موسوم به موا که روزگاری در سراسر زلاند جدید یافت می‌شدند تا آنکه به وسیلهٔ مائوری‌ها خورده و نابود شدند ـ تبدیل شد. او نخستین کسی بود که پس ازکشف آرکئوپتریکس در سال ۱۸۶۱ در باواریا به توصیف آن پرداخت و نخستین کسی بود که سنگ نوشته‌ای رسمی برای دودو نوشت. او در مجموع نزدیک به ششصد گزارش کالبدشناسی نوشت، که کاری بس چشمگیر بود.

اما امروزه نام اوئن به علت تحقیقاتش در زمینهٔ دایناسورها یادآوری می‌شود. او در سال ۱۸۴۱ اصطلاح دایناسوریا *(Dinosauria)* را ساخت و به کار گرفت. این اصطلاح به معنی «سوسمار خوفناک» است، که به طرز عجیبی

نامناسب به نظر می‌رسد. همچنان که امروزه بر ما روشن شده است، دایناسورها آنقدرها هم خطرناک یا مخوف نبودند ــ برخی از آن‌ها از خرگوش هم کوچکتر و احتمالاً بی نهایت گوشه گیر بودند ــ و تنها چیزی که موکداً نبودند همین سوسمار بودن‌شان است، چون سوسمارها به تیره‌ای بمراتب قدیمی‌تر (تا سی میلیون سال) تعلق دارند. اوئن به خوبی می‌دانست که این جانوران از انواع خزندگان بودند، و واژهٔ یونانی بسیار خوبی به نام *herpeton* (خزنده زی) بدین منظور در اختیار داشت ولی به هر دلیل نخواست از آن استفاده کند. یک خطای بخشودنی‌تر دیگر (باتوجه به کمبود نمونه‌ها در آن روزگار) این بود که دایناسورها نه یک راسته بلکه دو راستهٔ خزندگان را تشکیل می‌دهند: راستهٔ پرنده‌سانان *(Ornithischians)* با لگن پرنده و راستهٔ سوسمارسانان *(Saurischians)* با بدن سوسمار.

اوئن، چه از لحاظ قیافهٔ ظاهری چه از لحاظ خلق و خوی، شخصیتی جذاب نبود. عکسی که از آخرین سال‌های میان سالی او در دست است او را شخصی تکیده و شرارت‌بار همانند تبهکاری از ملودرام‌های عصر ویکتوریا نشان می‌دهد، که مویی بلند و لخت و چشمانی ورغلنبیده ــ چهره‌ای برای ترساندن بچه‌ها ــ دارد. از لحاظ رفتار، فردی سرد و متکبر بود و از پی‌گیری بلندپروازی‌هایش هیچ ابایی به خود راه نمی‌داد. تنها شخصی بود که گفته می‌شد چارلز داروین در طول عمرش از او متنفر بوده است. حتی پسر خود اوئن (که اندکی بعد خودکشی کرد) به «سنگدلی تأسف‌بار» پدرش اشاره می‌کرد.

استعدادهای تردیدناپذیر اوئن در مقام کالبدشناس، او را قادر می‌ساخت که مرتکب وقیحانه‌ترین دغل بازی‌ها شود. در سال ۱۸۵۷ ت. هـ هاکسلی طبیعت‌شناس، در حال تورق ویرایش جدیدی از کتاب راهنمای پزشکان چرچیل بود که نام اوئن توجه‌اش را به خود جلب کرد که در برابرش نوشته بودند «استاد کالبدشناسی تطبیقی و فیزیولوژی در دانشکدهٔ دولتی معدن.» این شدیداً موجب حیرت هاکسلی شد چون عنوان مزبور شغل خود هاکسلی در آن دانشکده بود. پس از مدتی پرس و جو دربارهٔ چگونگی راه یافتن خطایی چنین آشکار در کتاب راهنمای مذکور، به او پاسخ داده شد که اطلاعات مذکور را خود دکتر اوئن در اختیار تهیه کنندگان کتاب قرار داده است. در این ضمن، یک طبیعت‌شناس دیگر به نام هیو فوکنر نیز مچ اوئن را درحالی گرفت که نام خود را بر یکی از کشف‌های

این همکار می‌گذاشت. برخی دیگر او را متهم می‌کردند که اوئن نمونه‌های کارهای ایشان را به عاریت می‌گیرد ولی بعداً چنین چیزی را یکسره انکار می‌کند. اوئن حتی با دندانپزشک خصوصی ملکهٔ بریتانیا بر سر نام‌گذاری نظریهٔ مربوط به فیزیولوژی دندان‌ها به نام خودش اختلاف پیدا کرد.

او کسانی را که دوست خود نمی‌دانست بی‌هیچ ملاحظه‌ای تحت پیگرد قانونی قرار می‌داد. اوئن در نخستین سال‌های زندگی‌اش از نفوذ خود در انجمن جانورشناسی استفاده کرد و به عضویت پژوهنده‌ای جوان به نام رابرت گرنت که تنها جرمش برخورداری از آینده‌ای نویدبخش برای پرداختن به کالبدشناسی بود رأی منفی داد. گرنت با کمال شگفتی خبردار شد که ناگهان از داشتن حق دسترسی به نمونه‌های کالبدشناختی مورد نیاز در تحقیقاتش محروم شده است. او که بدین ترتیب قادر به ادامهٔ کار نبود در یک گمنامی یاس‌آمیز و قابل درک فرو رفت.

اما هیچ کسی به اندازهٔ گیدیون منتل بخت برگشته از توجهات خصمانهٔ اوئن آسیب ندید. او پس از آنکه همسر، فرزندان، شغل پزشکی و بیشترین بخش مجموعهٔ فسیل‌هایش را از دست داد به لندن نقل مکان کرد. آنجا، در سال ۱۸۴۱ ـ سال سرنوشت‌ساز برای اوئن در زمینهٔ کسب بزرگترین افتخار زندگی‌اش به مناسبت نام‌گذاری و شناسایی دایناسورها ـ منتل در حادثه‌ای مخوف گرفتار آمد. ضمن عبور از چمنزار کلپم با یک دلیجان ناگهان از روی صندلی لغزید و بر زمین افتاد، در میان تسمه‌های دهنهٔ اسب‌ها گیر کرد و بر اثر رمیدگی اسب‌ها مقداری روی زمین کشیده شد. به دنبال این حادثه، منتل قوز پیدا کرد، فلج شد و چون دایماً احساس درد می‌کرد ستون فقراتش به طرزی اصلاح‌ناپذیر آسیب دید.

اوئن با سوءاستفاده از ضعف منتل، به حذف برنامه‌ریزی شدهٔ دستاوردهای منتل از پرونده‌ها پرداخت و نام گونهٔ جانوری را که منتل سال‌ها پیش بر آن گذارده بود تغییر داد و ادعا کرد که خودش کاشف آن است. منتل همچنان به پژوهش‌های نوآورانه‌اش ادامه می‌داد ولی اوئن نیز از نفوذ خود در انجمن سلطنتی برای پذیرفته نشدن اغلب مقاله‌های او استفاده می‌کرد. در سال ۱۸۵۲ منتل که دیگر تاب تحمل درد یا پیگرد بیش از آن را نداشت خودکشی کرد. ستون فقرات تغییر شکل یافته‌اش را از پشت‌اش خارج کردند و به کالج سلطنتی جراحان فرستادند که در آنجا ـ طنزی برای خواننده ـ زیر نظر ریچارد

اوئن مدیر موزهٔ هانترین آن کالج قرار گرفت.

ولی توهین‌ها به همین جا ختم نمی‌شد. اندکی پس از مرگ منتل یک آگهی درگذشت جالب اما سرشار از بی‌انصافی در نشریهٔ *Literary Gazette* به چاپ رسید. در این آگهی از منتل با عنوان کالبدشناسی عادی یاد شده بود که دستاوردهای ناچیزش در زمینهٔ دیرین‌شناسی، به علت «نیاز به اطلاعات دقیق» از حدی معین فراتر نرفت. در این آگهی حتی او را کاشف ایگوانودون ندانستند بلکه این کشف را به چند نفر دیگر، از جمله به کوویه و اوئن نسبت دادند. با آنکه نام نویسندهٔ آگهی در پایان آن نوشته نشده بود، سبک نوشته به اوئن تعلق داشت و هیچ کسی در دنیای علوم طبیعی در این واقعیت تردید نمی‌کرد.

اما تخطی‌ها و قانون شکنی‌های اوئن در این مرحله یکی پس از دیگری رو شدند و موجبات دردسرش را فراهم آوردند. شکست و روسیاهی اوئن زمانی آغاز شد که یکی از کمیته‌های انجمن سلطنتی ـ کمیته‌ای که از قضا خود اوئن رییس آن بود ـ تصمیم گرفت عالی‌ترین نشان افتخار انجمن را که نشان سلطنتی نامیده می‌شود به مناسبت مقاله‌ای که اوئن دربارهٔ یک نرم تن منقرض شده به نام بلمنیت نوشته بود به او بدهد. همچنان که دبورا کدبری در کتاب تاریخ گران‌قدر خود به نام سوسمار خوفناک دربارهٔ این دوره می‌نویسد: «اما این نوشته، به طوری که از ظاهرش استنباط می‌شد، اثری دست اول نبود.» معلوم شد که بلمنیت چهار سال قبل توسط یک طبیعت‌شناس تازه کار به نام چنینگ پیرس کشف شده بود و گزارش کامل کشف مذکور نیز در جلسهٔ انجمن زمین‌شناسی قرائت شده بود. اوئن در آن جلسه حضور داشت، ولی وقتی گزارش مربوط به خودش را به انجمن سلطنتی تحویل می‌داد ـ که در آن، عمداً این جانور را از نو به افتخار خودش بلمنیتس اوئنی (*Belemnites Owenii*) نامیده بود ـ از اشاره به این نکته خودداری کرد. با آنکه به اوئن اجازه داده شد که نشان سلطنتی را نزد خود نگهدارد، این رویداد حتی در میان چند هوادار باقی مانده‌اش یک لکهٔ سیاه ماندگار در شهرت او به شمار می‌رود.

سرانجام، هاکسلی توانست با اوئن همان‌گونه رفتار کند که او در حق بسیاری محققان دیگر کرده بود: در انجمن دربارهٔ او رأی‌گیری و سپس او را از تمام انجمن‌های جانورشناسی و سلطنتی اخراج کرد. آخرین توهین به اوئن این

بود که خود هاکسلی به مقام استادی کالج سلطنتی جراحان رسید.

اوئن دیگر به سراغ تحقیقات مهم نرفت، بلکه نیمهٔ دوم عمرش را به یک شغل مطلوب اختصاص داد که از این بابت همگی باید سپاسگزار او باشیم. در سال ۱۸۵۶ به ریاست بخش تاریخ طبیعی موزهٔ بریتانیا برگزیده شد، و در این مقام به صورت عامل محرکی قوی در پس شکل‌گیری موزهٔ تاریخ طبیعی لندن عمل کرد. تپهٔ گوتیک بزرگ و دوست داشتنی واقع در کنزینگتن جنوبی که در سال ۱۸۸۰ افتتاح شد، تقریباً یکسره شاهدی دال بر آینده‌نگری او بود.

تا پیش از اوئن، موزه‌ها در درجهٔ نخست برای استفاده و آموزش گروه برگزیدهٔ اجتماع طراحی می‌شدند، و حتی در همان زمان نیز دسترسی به آن‌ها دشوار بود. در نخستین روزهای تأسیس موزهٔ بریتانیا، بازدیدکنندگان نوبت گرفته مجبور بودند یک درخواست کتبی پر کنند و در مصاحبه‌ای کوتاه برای تصمیم‌گیری دربارهٔ موافقت یا مخالفت با ورودشان به موزه شرکت کنند. سپس در یک نوبت دیگر می‌بایست برای گرفتن بلیت ـ یعنی با این فرض که در مصاحبه پذیرفته شده‌اند ـ به موزه مراجعه کنند، و سرانجام در نوبت سوم برای دیدن گنجینه‌های موزه بیایند. حتی در این هنگام، بازدید کنندگان را چنان در صفوف فشرده و گروه گروه به داخل می‌فرستادند که کسی مجال درنگ کردن پیدا نمی‌کرد. نقشهٔ اوئن این بود که همهٔ مردم بتوانند از موزه بازدید کنند، حتی گاهی کارگران را تشویق می‌کرد که عصر هنگام به تماشای موزه بروند، از جمله آنکه می‌خواست بخش بزرگی از فضای موزه را به قفسه‌های نمایش همگانی اختصاص دهد. حتی به شکلی بسیار افراطی، پیشنهاد کرد که برچسب‌هایی آگاهی دهنده روی هر قفسه چسبانده شود تا مردم بتوانند آنچه را که می‌بینند خوب درک و ارزیابی کنند. از این جهت، تا حدودی غیر منتظره با مخالفت ت. ه هاکسلی مواجه شد زیرا وی می‌گفت موزه باید اساساً نهادی پژوهشی باشد. اوئن با تبدیل موزهٔ تاریخ طبیعی به نهادی برای تک تک افراد، انتظاری را که مردم از موزه داشتند دگرگون ساخت.

با این حال، گذشت اوئن در قبال همکار و دوستش او را از مسیر رقابت‌های شخصی منحرف نکرد. یکی از آخرین اقدامات رسمی او زد و بند کردن علیه پیشنهادی بود که برای برپا داشتن پیکرهٔ چارلز داروین در موزه مطرح شد. او در این

زد و بند ناکام ماند ـ گرچه اندکی بعد توانست پیروزی مختصری به دست آورد. امروزه پیکرهٔ او با عظمت تمام از سمت پلکان تالار اصلی در موزهٔ تاریخ طبیعی جلب توجه می‌کند در حالی که پیکره‌های داروین و ت. هـ هاکسلی به طرزی نسبتاً گمنام به‌گوشهٔ قهوه‌خانهٔ موزه پرت شده‌اند و از آنجا مردمی را که مشغول سرکشیدن فنجان‌های چای و خوردن شیرینی مربایی هستند با نگاهی تلخ نظاره می‌کنند.

کار درست و منطقی آن است که خرده رقابت‌های ریچارد اوئن را منعکس کنندهٔ حد پایین علم دیرین‌شناسی در سدهٔ نوزدهم بدانیم، اما حقیقت آن است که بدتر از این هم در راه بود، این بار از آن سوی جهان. در آمریکا و در آخرین دهه‌های سدهٔ نوزدهم رقابتی درگرفت که اگر نگوییم ویرانگرتر، از این نیز زهرآلوده‌تر بود. این رقابت بین دو مرد عجیب و بی‌رحم به نام‌های ادوارد درینکر کوپ و اوتنیل چارلز مارش درگرفت.

آن‌ها وجوه مشترک فراوان داشتند. هر دو افرادی ضایع، دستخوش احساسات، خودمحور، جنگ‌جو، حسادت‌پیشه، بدگمان، و همیشه ناراضی بودند. دنیای دیرین‌شناسی را بین خودشان تکه‌پاره و مبادله می‌کردند.

کارشان را با دوستی و ستایش از یکدیگر آغاز کردند، حتی گونه‌های فسیلی را به نام یکدیگر می‌نامیدند، و در سال ۱۸۶۸ به مدت یک هفته به خوبی و خوشی درکنار یکدیگر بودند. اما در همان یک هفته، حادثه‌ای ناگوار رخ داد ـ کسی به درستی نمی‌داند چه شد ـ و در سال بعد یک دشمنی آشکار بین‌شان شکل گرفت که در طی دورهٔ سی سالهٔ پس از آن به نفرتی تند از یکدیگر تبدیل شد. شاید درست‌تر آن باشد که بگوییم تاکنون هیچ دو نفری در عرصهٔ علوم طبیعی یافت نشده‌اند که بیش از این دو از یکدیگر متنفر بوده باشند.

چارلز مارش، که هشت سال از ادوارد درینکر کوپ بزرگتر بود، شخصی گوشه‌گیر و کتاب‌خوان بود، ریش مرتب و ظاهری آراسته داشت، وقتش را کمتر صرف تحقیقات میدانی می‌کرد و حتی وقتی به این گونه تحقیق می‌پرداخت چیزی کشف نمی‌کرد. او در جریان بازدید از زیستگاه‌های معروف دایناسورها در کامو بلاف واقع در ایالت وایومینگ، به گفتهٔ یک مورخ، «نتوانست استخوان‌هایی

را که مثل کُندهٔ درخت در همه‌جا پخش و پلا شده بودند ببیند.» اما امکانات مالی لازم برای خریدن هر چیزی را داشت. با آنکه از خانواده‌ای نه چندان مرفه برخاسته بود ــ پدرش از کشاورزانِ شمال ایالت نیویورک بود ــ عمویش جورج پیبادی سرمایه‌دار بی‌نهایت ثروتمند و فوق‌العاده با گذشت آن روزگار بود. وقتی مارش به تاریخ طبیعی ابراز علاقه کرد، پیبادی دستور داد در دانشگاه ییل یک موزه برای او ساخته و آماده شود و مبالغ لازم را در اختیار مارش گذاشت تا درون آن را تقریباً با هر آنچه در نظر دارد انباشته سازد.

ادوارد درینکر کوپ، ارتباطی مستقیم‌تر از مارش با سرچشمهٔ ثروت داشت ــ پدرش یک بازرگان ثروتمند فیلادلفیایی بود ــ و تا آن زمان بمراتب ماجراجوتر از دوستش از کار درآمده بود. در تابستان ۱۸۷۶ در حالی که جورج آرمسترانگ کاستر و نیروهایش در لیتل‌بیگ هورن از ایالت مونتانا از پای در می‌آمدند، کوپ در همان حوالی به دنبال استخوان‌های جانوران مختلف می‌گشت. وقتی به او یادآوری کردند که این احتمالاً عاقلانه‌ترین زمان برای به چنگ آوردن گنج از زمین‌های سرخ‌پوستان نیست، کوپ لحظه‌ای تأمل کرد و تصمیم گرفت به هر قیمتی شده به جستجویش ادامه دهد. کارش حسابی رونق گرفته بود. یک بار با گروهی از سرخ‌پوستان مشکوک قبیلهٔ کلاغ روبرو شد ولی با چند بار درآوردن و در جای خود گذاشتن دندان‌های مصنوعی‌اش توانست آن‌ها را راضی کند که به راهشان ادامه دهند.

نفرت مارش و کوپ از یکدیگر تا ده ـ دوازده سال، شکل حمله‌ای بی‌سر و صدا را به خود گرفته بود اما در سال ۱۸۷۷ ناگهان ابعادی گسترده پیدا کرد. آن سال، یک معلم کلرادویی به نام آرثر لیکس ضمن پیاده‌روی با دوستش در نزدیکی موریسن چند استخوان پیدا کرد. او که متوجه شده بود این استخوان‌ها به یک «سوسمارسان غول پیکر» تعلق دارند، کاری اندیشمندانه کرد و برخی از نمونه‌های آن‌ها را برای مارش و کوپ فرستاد. کوپ که از این کار به وجد آمده بود صد دلار بابت زحمت لیکس برای او فرستاد و به او گفت که دربارهٔ چیزی که پیدا کرده است با کسی سخن نگوید، مخصوصاً با مارش. لیکس که درست نمی‌دانست چه کار کند این بار از مارش خواست که استخوان‌ها را به کوپ تحویل دهد. مارش چنین کرد، اما این توهینی بود که مارش هرگز نمی‌توانست از یاد ببرد.

این حادثه، همچنین سرآغاز جنگی بین آن دو بود که روز به روز تلخ‌تر، مخفیانه‌تر و مسخره‌تر می‌شد. آن‌ها گاهی خودشان را به قدری کوچک می‌کردند که کارگران حفاری یک گروه را وا می‌داشتند به کارگران گروه مقابل سنگ‌پرانی کنند. یک بار کوپ در حالی که صندوق‌های متعلق به مارش را با دیلم باز می‌کرد به دام افتاد. آن‌ها در مطبوعات به یکدیگر توهین می‌کردند و از دستاوردهای یکدیگر با کلمات زشت یاد می‌کردند. به ندرت دیده شده است ـ و شاید هرگز دیده نشده باشد ـ که علم با سرعت و موفقیت ناشی از چنین خصومتی به پیش رفته باشد. این دو در طی چند سال بعد، بین خودشان گونه‌های شناخته شدهٔ دایناسورهای آمریکایی را از ۹ به ۱۵۰ رأس رساندند. تقریباً هر دایناسوری که یک انسان عادی می‌تواند نام ببرد ـ استگوساروس، برونتوزاروس، دیپلودوکس ـ یا توسط مارش کشف شده بود یا کوپ.* متأسفانه، آن‌ها با چنان شتاب بی‌فکرانه‌ای کار می‌کردند که غالباً متوجه نمی‌شدند که هر کشف جدید، از قبل اعلام شده بود. آن‌ها بین خودشان توانستند گونه‌ای را که اوئینتاترس انسپس (Uintatheres anceps) نام داشت حداقل ۲۲ بار «کشف کنند.» تفکیک و مرتب کردن برخی از انبوه طبقه‌بندی‌هایی که آن‌ها انجام می‌دادند سال‌ها طول کشید. برخی از این طبقه‌بندی‌ها هنوز هم تفکیک نشده‌اند.

میراث علمی کوپ در مقایسه با میراث علمی مارش، بمراتب ارزشمندتر بود. او در طی زندگی سراپا تلاش طاقت‌فرسای خود بیش از ۱۴۰۰ مقالهٔ علمی نوشت و نزدیک به ۱۳۰۰ گونهٔ جدید فسیل را توصیف کرد (از تمام جانوران، نه فقط دایناسورها) ـ که در هر دو مورد به دو برابر کاری رسید که مارش انجام داده بود. کوپ می‌توانست بیش از این نیز کار کند، ولی متأسفانه در سال‌های پایانی عمرش به اقداماتی عجولانه و ناسنجیده دست زد. او که در سال ۱۸۷۵ صاحب ارثیه‌ای بزرگ شده بود، ثروتش را در خرید نقره به کار انداخت و دار و ندارش را از دست داد. کارش به جایی رسید که مجبور شد به یک اتاق تکی در یکی از شبانه روزی‌های فیلادلفیا اکتفا کند، در حالی که در میان تلی از انواع کتاب، مقاله

* تنها استثنای معروف، تیرانوزاروس رکس (Tyrannosdurus rex) بود که در سال ۱۹۰۲ توسط بارنوم براون کشف شد.

و استخوان غرق شده بود. ولی مارش بر خلاف او آخرین روزهای عمرش را در یک ساختمان مجلل در نیو هیون به سرآورد. کوپ در سال ۱۸۹۷ و مارش دو سال پس از او درگذشت.

کوپ در آخرین سال‌های عمرش به یک موضوع جالب دیگر نیز علاقمند شد. او از صمیم قلب آرزو می‌کرد که به عنوان نخستین نمونهٔ نوعیِ انسان اندیشه‌ورز *(Homo sapiens)* معرفی شود ــ یعنی استخوان‌هایش مجموعهٔ استخوان‌های رسمی نژاد بشر بشود. نمونهٔ نوعیِ هرگونه، معمولاً به نخستین مجموعهٔ استخوان‌های یافت شده گفته می‌شود اما چون هیچ نخستین مجموعه‌ای از استخوان‌های انسان اندیشه‌ورز وجود نداشت، خلایی احساس می‌شد که کوپ تصمیم گرفت آن را پر کند. این یک آرزوی عجیب و بیهوده بود، اما کسی هم نمی‌توانست دلیلی بر مخالفت با آن پیدا کند. بدین منظور، کوپ وصیت کرد که استخوان‌هایش در اختیار انستیتوی ویستار قرار داده شود که انجمنی علمی در فیلادلفیا بود و توسط فرزندان کاسپار ویستار وقف شده بود. پس از آنکه استخوان‌های کوپ آماده‌سازی و برهم سوار شدند، متأسفانه معلوم شد که نشانه‌های بیماری سیفلیس مرحلهٔ آغازین در آن‌ها به چشم می‌خورد، و این نشانه‌ها نیز چیزی نیست که انسان بخواهد در نمونهٔ نوعیِ مربوط به نژاد خود حفظ کند. به همین دلیل، درخواست کوپ به همراه استخوان هایش، بی سروصدا کنار گذاشته شدند. هنوز هم هیچ نمونهٔ نوعیِ خاصی برای انسان‌های امروزی در دست نیست.

اما از دیگر بازیگران این درام، اوئن در سال ۱۸۹۲ یعنی چند سالی پیش از کوپ یا مارش درگذشت. باکلند، سرانجام دیوانه شد و آخرین روزهای عمرش را همراه با بیماری و درماندگی در یک تیمارستان درکلیم و در نزدیکی محلی به سرآورد که منتل در آن دچار سانحه شده بود. ستون فقرات کج شدهٔ منتل همچنان تا یک سدهٔ بعد در غرفه‌ای از موزهٔ هانترین نمایش داده می‌شد تا آنکه آلمان‌ها آن را بی‌رحمانه در جنگ جهانی دوم با انداختن بمبی نابود کردند. بقایای مجموعهٔ متعلق به منتل، پس از مرگش در اختیار فرزندانش قرار گرفت و بخش بزرگی از آن به وسیلهٔ پسرش والتر که در سال ۱۸۴۰ به زلند جدید مهاجرت کرد به آن کشور برده شد. والتر در جایگاه بومیان برجستهٔ زلند جدید قرار گرفت و وزیر امور بومیان شد. در سال ۱۸۶۵ نمونه‌های مهم مجموعهٔ متعلق به پدرش، از

جمله دندان معروف ایگوانودون را به موزهٔ مستعمراتی (موزهٔ زلند جدید امروزی) در ولینگتن هدیه کرد، که تاکنون در همانجا نگه‌داری می‌شوند. دندان ایگوانودون که سرآغاز تشکیل آن مجموعه ــ و به عبارتی مهم‌ترین دندان در تاریخ دیرین‌شناسی ــ بود، اکنون از غرفهٔ نمایشگاهی خود برداشته شده است و در آنجا نیست.

البته شکار دایناسور با مرگ شکارگران بزرگ فسیل در سدهٔ نوزدهم به پایان نرسید. به عبارت دقیق‌تر و تا حدی شگفت‌انگیزتر تازه آغاز شده بود. در سال ۱۸۹۸ یعنی همان یک سال فاصلهٔ بین مرگ کوپ و مارش، گنجی بس بزرگ‌تر از هر آنچه تا آن زمان یافت شده بود در محلی به نام معدن کلبهٔ استخوان به فاصلهٔ چند مایلی شکارگاه قدیمی مارش در کومو بلاف از ایالت وایومینگ کشف ــ یا به عبارتی مشاهده ــ شد. در آنجا صدها و صدها استخوان فسیل به حالت هوازده و بیرون زده از تپه‌ها یافت شدند. به بیان دقیق‌تر، تعداد این استخوان‌ها به قدری زیاد بود که یکی از اهالی محل به وسیلهٔ آن‌ها یک کلبه ساخته بود. فقط در دو مرحلهٔ نخست، نزدیک به ۱۰۰,۰۰۰ پوند استخوان قدیمی از آنجا حفاری و استخراج شد و ده‌ها هزار پوند استخوان دیگر در دوره‌های شش سالهٔ بعدی به دست آمد.

حاصل کار آنکه تا اویل سدهٔ بیستم، دیرین شناسان، عملاً چندین تن استخوان برای گردآوری در اختیار داشتند. مشکل اینجا بود که هیچ یک از ایشان تصوری دقیق از قدمت آن استخوان‌ها نداشت. بدتر از همه اینکه عمرهای توافق شده برای کرهٔ زمین نیز نمی‌توانستند تعداد سالیان سال و عصرها و دوران‌های تشکیل دهندهٔ روگاز گذشته را به راحتی تأیید کنند. اگر از عمر زمین به گفتهٔ لرد کلوین چیزی در حدود بیست میلیون سال گذشته بود در آن صورت تمام راسته‌های موجودات باستانی نیز می‌بایست عملاً در یک لحظهٔ زمین شناختی به وجود آمده و از میان رفته باشند. این به هیچ وجه پذیرفتنی نبود.

دانشمندان دیگری غیر از کلوین نیز به سوی این مسأله جلب شدند و به نتایجی رسیدند که فقط بر ژرف‌تر شدن عدم قطعیت آن‌ها می‌افزود. سمیوئل هاتن از زمین‌شناسان معتبر ترینیتی کالج در دابلین، اعلام کرد که عمر زمین را معادل ۲۳۰۰ میلیون سال برآورد کرده است ــ که با پیشنهادهای دیگران فرسنگ‌ها فاصله داشت. وقتی این تفاوت به اطلاعش رسانده شد، او با استفاده

از همان اطلاعات، محاسباتش را از نو انجام داد و به رقم ۱۵۳ میلیون سال رسید. جان جالی نیز از همان ترینیتی کالج، تصمیم گرفت در نظریهٔ نمک‌های اقیانوس‌ها که توسط ادمند هالی پیشنهاد شده بود حرکتی ایجاد کند ولی روش کارش چنان بر چندین فرض سرشار از خطا استوار بود که خودش دستخوش توفان شد. بر طبق محاسبات او عمر کرهٔ زمین به ۸۹ میلیون سال می‌رسید ــ و این رقمی بود که دقیقاً با مفروضات کلوین جور درمی‌آمد ولی متأسفانه با واقعیت مطابقت نداشت.

دامنهٔ آشفتگی‌ها به قدری گسترده بود که در اواخر سدهٔ نوزدهم، بر حسب اینکه خوانندهٔ علاقمند به کدام متن مراجعه می‌کرد، می‌توانست به این نتیجه برسد که تعداد سال‌های حد فاصل بین ما و سپیده‌دمان حیات به شکل پیشرفته در دورهٔ کامبرین چیزی در حدود ۳ میلیون، ۱۸ میلیون، ۶۰۰ میلیون، ۷۹۴ میلیون، ۲/۴ میلیارد سال ــ یا عددی دیگر در همین حدود ــ بوده است. در اواخر سال ۱۹۱۰، در یکی از معتبرترین برآوردها که توسط جورج بکر آمریکایی انجام شده بود، عمر زمین احتمالاً در حد ناچیز ۵۵ میلیون سال تعیین شد.

درست در زمانی که به نظر می‌رسید موضوع به طرزی عنان گسیخته دستخوش آشفتگی شده است یک رقم خارق‌العاده با دیدگاهی ابتکاری مطرح شد. پیشنهاد کننده، کشاورززی جوان، بی پروا و باهوش از زلند جدید به نام ارنست رادرفرد بود که با استناد به مدارکی مستدل و انکارناپذیر می‌گفت عمر کرهٔ زمین دست کم به چند صد میلیون سال و احتمالاً به بیش از آن می‌رسد.

نکتهٔ جالب توجه اینجاست که مدارک او بر علم کیمیا ــ طبیعی، خودانگیخته، از لحاظ علمی معتبر و تماماً غیر مرموز اما با این حال کیمیا ــ استوار بود. سرانجام معلوم شد که نیوتن هم در اشتباه بوده است. و اینکه این ماجرا چگونه بود، خود داستانی دیگر است.

# ۷ مواد بنیادی

غالباً گفته می‌شود که شیمی در مقام علمی جدی و معتبر از سال ۱۶۶۱ یعنی از زمانی آغاز گردید که رابرت بویل از دانشگاه آکسفرد کتاب شیمی‌دان شک اندیش ــ نخستین اثری که در آن بین شیمی‌دان‌ها و کیمیاگرها فرق گذاشته شده بود ــ را انتشار داد، اما گذار به علم شیمی به کندی و غالباً به صورتی آشفته انجام می‌گرفت. تا سدهٔ هیجدهم، دانشمندان می‌توانستند به راحتی در هر دو اردو داخل شوند ــ مانند یوهان بِشِر آلمانی که کتابی مطلوب به نام فیزیک زیرزمین *(Physica Subterranea)* نوشت، اما وی نیز مطمئن بود که اگر مواد مناسب در اختیار داشته باشد می‌تواند خودش را نامریی کند.

شاید هیچ چیزی بهتر از کشفی که یک آلمانی به نام هنیگ براند در سال ۱۶۷۵ انجام داد نتواند ماهیت عجیب و غریب و غالباً تصادفی علم شیمی را در نخستین روزهای شکل‌گیریش نشان دهد. براند متقاعد شده بود که طلا را می‌توان به شکلی از ادرار انسان به دست آورد. (ظاهراً تشابه رنگ این دو ماده، عاملی مهم در این‌گونه نتیجه‌گیری بوده است.) بدین منظور، او پنجاه سطل ادرار انسان گردآوری کرد و تا چند ماه در زیرزمین خانه‌اش نگهداشت. با توسل به انواع فرآیندهای اسرارآمیز، نخست ادرار انسان را به یک خمیر بد بوی سمی و سپس به جسمی شفاف و موم مانند تبدیل کرد. البته هیچ ذره‌ای از این جسم به طلا تبدیل نشد، اما تحولی عجیب و جالب رخ داد. پس از مدتی، جسم مذکور درخشیدن آغاز کرد. گذشته از این، وقتی در معرض هوا قرار می‌گرفت غالباً به خودی خود شعله‌ور می‌شد.

اقتصادپیشه‌های مشتاق، بی‌درنگ به سودهای بالقوهٔ این ماده ــ که در کوتاه

مدتی فسفر نامیده شد ــ اندیشیدند. این واژه از ریشهٔ یونانی و لاتین است و به معنی هرچیز «تابنده» یا «نورانی» به کار می‌رود. هر اونس فسفر به ۱۲۶ شیلینگ ــ یعنی نزدیک به پانصد دلار به پول امروزی ــ یا به طلای بیش از آن داد و ستد می‌شد.

برای تهیهٔ مادهٔ اولیه، در وهلهٔ نخست از سربازها استفاده می‌شد، اما با چنین روشی نمی‌شد به تولید صنعتی در مقیاس بزرگ دست یافت. در دههٔ ۱۷۵۰-۵۹ یک شیمی‌دان سوئدی به نام کارل شِله توانست شیوه‌ای برای تولید انبوه فسفر بدون بوی فاضلاب یا ادرار پیدا کند. سوئد به علت همین مهارت در تولید فسفر بود که به یک تولیدکنندهٔ بزرگ کبریت تبدیل شد و همچنان این مقام را در اختیار دارد.

شله، هم انسانی خارق‌العاده بود هم به طرزی خارق‌العاده بدبیار بود. او که داروسازی تهی‌دست از لحاظ تجهیزات پیشرفته بود، هشت عنصر ــ کلر، فلوئور، منگنز، باریم، مولیبدن، تنگستن، نیتروژن و اکسیژن ــ را کشف کرد ولی هیچ یک از آن‌ها به نام خودش ثبت نشد. در هر موردی، یا توجهی به کشف‌هایش نمی‌شد یا خبر انتشار آن را زمانی منتشر می‌کرد که شخصی دیگر مستقلاً همان کشف را انجام داده بود. او چندین جسم مرکب مفید دیگر را نیز کشف کرد که از جمله می‌توان به آمونیاک، گلیسرین و اسید تانیک اشاره کرد و نخستین کسی بود که به ارزش اقتصادی کلر به عنوان یک مادهٔ رنگ‌بر پی‌برد ــ تماماً در ردیف کشفیاتی که سایر افراد را به ثروت‌های کلان رسانیده بودند.

یک نقش چشمگیر شله، اصرار عجیب او به آزمودن و چشیدن اندکی از هر چیزی بود که خودش با آن کار می‌کرد، از جمله اجسام نامطلوبی چون جیوه، اسید پروسیک (کشف دیگری از خود او)، و اسید هیدروسیانیک ــ جسم مرکبی معروف به سمی بودن، به طوری که ۱۵۰ سال بعد اروین شرودینگر آن را در یک آزمایش تجربی معروف (به صفحهٔ ۱۸۸ رجوع شود) به عنوان سمّ مورد استفاده‌اش برگزید. بی‌توجهی شله، سرانجام کار دستش داد. در سال ۱۷۸۶، یعنی در چهل و سه سالگی، جسدش را در حالی که ده‌ها مادهٔ شیمیایی دور خودش چیده بود و هر یک از آن‌ها می‌توانسته است عامل نگاه بهت‌زده و علاج‌ناپذیر نقش بسته بر چهره‌اش بوده باشد، پشت میز کارش پیدا کردند.

اگر اوضاع جهان درست می‌بود و جهانیان به زبان سوئدی تکلم می‌کردند، شله نیز به شهرتی جهانگیر دست می‌یافت. به جای او، این شهرت ظاهراً نصیب

شیمی‌دان‌های نامدارتری گردید که عموماً از دنیای انگلیسی زبان برخاسته بودند. شله در سال ۱۷۷۲ اکسیژن را کشف کرد، اما به دلایلی بسیار بغرنج و تاسف‌انگیز نتوانست مقاله‌اش را بموقع در مطبوعات منتشر کند. در عوض، کشف اکسیژن به نام جوزف پریستلی ثبت شد که همان عنصر را مستقلاً ولی اندکی پس از شله در تابستان سال ۱۷۷۴ کشف کرد. حتی از این جالب‌تر، عدم موفقیت شله در ثبت کشف کلر به نام خودش بود. امروزه کشف کلر، تقریباً در تمام کتاب‌های درسی به همفری دیوی نسبت داده می‌شود که آن را عملاً کشف کرد اما سی و شش سال پس از کشف آن توسط شله.

گرچه علم شیمی در طی سدهٔ جداکنندهٔ نیوتن و بویل از شله و پریستلی و هنری کَوِندیش راهی بس طولانی را پشت سر گذاشته بود، اما باز هم راهی بس طولانی در پیش داشت. درست تا آخرین سال‌های سدهٔ هیجدهم (و در مورد پریستلی تا اندکی پس از آن) دانشمندان در همه جا به دنبال چیزهایی می‌گشتند و گاهی گمان می‌کردند به چیزهایی دست یافته‌اند که در هیچ‌جا اثری از آن‌ها وجود نداشت: هوای اهریمنی، اسیدهای فلوژیسیون زدایی شدهٔ دریایی، فلوکس، کالکس، شادی‌های آب و خاک، و مخصوصاً فلوژیستون یا جسمی که تصور می‌شد عامل فعال در احتراق یا آتش باشد. گفته می‌شد در جایی از این همه، نیرویی اسرارآمیز به نام اشتیاق به زندگی *(élan vital)* نهفته است که در اشیای بی‌جان روح می‌دمد. هیچ‌کس نمی‌دانست این جوهر اثیری در کجاست، اما دو احتمال داده می‌شد: یکی اینکه با وارد کردن یک تکان برقی می‌توان آن را زنده کرد (نظریه‌ای که مری شلی در رمان فرانکنشتاین خود به طور کامل مورد استفاده قرار داد) و دیگر اینکه در برخی اجسام وجود دارد ولی در برخی دیگر وجود ندارد، به همین علت است که علم شیمی نیز سرانجام به دو شاخه تقسیم شد: شیمی آلی (برای اجسامی که گفته می‌شد دارای آن نیرو هستند) و شیمی معدنی (برای اجسامی که فاقد آن بودند).

به کسی نیاز بود تا علم شیمی را وارد عصر جدید کند، و فرانسویان ملتی بودند که چنین کسی از میان‌شان برخاست. وی آنتوان ـ لوران دو لاووازیه نام داشت. لاووازیه که در سال ۱۷۴۳ متولد شده بود، به گروه پایینی اشراف تعلق داشت (پدرش یک لقب برای خانوادهٔ خود خریده بود). در سال ۱۷۶۸ یک سهم

فعال از یک موسسهٔ عمیقاً منفور به نام فارم ژنرال (ادارهٔ دریافت مالیات بر درآمد) را که کارش گردآوری مالیات و عوارض از سوی دولت بود خریداری کرد. با آنکه لاووازیه شخصاً انسانی متین و میانه‌رو بود، موسسه‌ای که او در آن کار می‌کرد هیچ یک از این دو خصوصیت را نداشت. یکی آنکه از ثروتمندان مالیات نمی‌گرفت بلکه از فقرا می‌گرفت، آن هم غالباً هر طور که خود شرکت تصمیم می‌گرفت. برای لاووازیه، جذابیت این شرکت در آن بود که ثروت و درآمد لازم برای پرداختن به کار مورد علاقه‌اش یعنی علم را در اختیار قرار می‌داد. او در اوج قدرت درآمدی معادل ۱۵۰,۰۰۰ لیر در سال داشت ــ یعنی چیزی در حدود ۲۰ میلیون دلار به پول امروز.

لاووازیه سه سال پس از گام نهادن در این مسیر زندگی سودآور با دختر ۱۴ سالهٔ یکی از رؤسایش ازدواج کرد. این ازدواج، تجسمی از تلفیق دو دل و دو مغز بود. مادام لاووازیه ذهنی روشن‌بین داشت و بلافاصله به دستیاری فعال در کنار همسرش تبدیل شد. علیرغم ضروریات شغلی و زندگی اجتماعی پر مشغلهٔ لاووازیه، آن‌ها توانستند در اغلب روزها پنج ساعت ــ دو ساعت در بامدادان و سه ساعت در شامگاهان ــ و روزهای یکشنبه را که روز خوشبختی *(jour de bonheur)* می‌نامیدند، به کار علمی اختصاص دهند. لاووازیه همچنین فرصتی پیدا کرد و مدیر کمیسیون باروت شد، بر ساخت دیواری به گرد شهر پاریس برای جلوگیری از ورود و خروج قاچاقچیان نظارت کرد، به پی‌ریزی سیستم متری کمک کرد، و در تدوین کتاب درسی روش نامگذاری شیمیایی همکاری کرد که بعدها به صورت کتاب مقدس شیمی‌دان‌ها در تعیین اسامی عناصر شیمیایی درآمد.

او به عنوان یکی از اعضای بزرگ انجمن سلطنتی علوم، ملزم بود به موضوعات مطرح روز نیز فعالانه توجه کند: هیپنوتیسم، اطلاع از امور زندان‌ها، تنفس حشرات، و آب‌رسانی به شهر پاریس. در چنین مقام و مسئولیتی بود که در سال ۱۷۸۰ برخی اظهار نظرهای حاکی از بی‌توجهی دربارهٔ نظریهٔ جدید احتراق که توسط دانشمندی جوان و سرشار از امید به انجمن سلطنتی علوم تحویل شد از لاووازیه شنیده شد. این نظریه، عملاً اشتباه بود ولی آن دانشمند جوان نیز هیچ‌گاه بی‌توجهی لاووازیه را فراموش نکرد. نام این دانشمند ژان پل مارا بود.

کاری که هیچ‌گاه از لاووازیه سر نزد کشف یک عنصر شیمیایی بود. در

زمانی که به نظر می‌رسید تقریباً هر کسی با در اختیار داشتن یک بِشرِ آزمایشگاهی، یک شعله و چند پودر جالب می‌تواند چیزی نو کشف کند ـ و زمانی که از قضا هنوز دوسوم عناصر شیمیایی کشف نشده بودند ـ لاووازیه نتوانست حتی از عهدهٔ کشف یک عنصر برآید. بدون تردید، علت این ناتوانی آن نبود که او بِشِر در اختیار نداشت. لاووازیه سیزده هزار بشر در جایی که به طرزی تقریباً مضحک زیباترین آزمایشگاه خصوصی آن روزگار به شمار می‌رفت در اختیار داشت.

به جای آن کار، لاووازیه کشفیات دیگران را برمی‌گزید و به آن‌ها سر و سامان می‌داد. او نظریهٔ فلوژیستون و هوای اهریمنی را رد کرد. اکسیژن و هیدروژن را آن چنان که در واقعیت بودند کشف کرد و نام‌های جدیدشان را بر آن‌ها نهاد. خلاصهٔ سخن آنکه علم شیمی به دست او دارای نیروی بیان، وضوح بیان، و روش بیان شد.

و تجهیزات تزیینی او نیز عملاً برایش خیلی مفید واقع شدند. او و مادام لاووازیه، سال‌های سال خودشان را به انجام مطالعات بسیار دقیق و نیازمند ظریف‌ترین اندازه‌گیری‌ها مشغول کرده بودند. مثلاً آن‌ها پی بردند که برخلاف آنچه از مدت‌ها پیش تصور می‌شد، جسم زنگ زده نه تنها وزنش را از دست نمی‌دهد بلکه بر وزنش افزوده می‌شود ـ که این خود کشفی خارق‌العاده بود. جسم در جریان زنگ زدن، ذرات بنیادی را به نحوی، از هوا دریافت و به خود جذب می‌کند. نخستین‌بار بود که معلوم می‌شد ماده می‌تواند تغییر شکل دهد ولی نابود نمی‌شود. اگر شما همین کتاب را بسوزانید مادهٔ آن به خاکستر و دود تبدیل می‌شود، اما مقدار خالص مادهٔ موجود در کائنات تغییر پیدا نمی‌کند. این کشف بقای جرم نامیده شد که خود مفهومی انقلاب آفرین بود. متاسفانه این تحول با نوع دیگری از انقلاب ـ یعنی انقلاب فرانسه ـ همزمان بود و لاووازیه در مواجهه با آن یکسره در خطا بود.

او نه فقط عضو ادارهٔ منفور دریافت مالیات بر درآمد بود، بلکه با اشتیاق تمام دیوار محصورکنندهٔ پاریس را نیز ساخته بود ـ و این کار نیز چنان نفرت مردم را برانگیخت که نخستین هدف حملهٔ شورشیان قرار گرفت. در سال ۱۷۹۱، مارا که از رهبران مجلس ملی فرانسه شده بود با استفاده از فرصت، لاووازیه را محکوم کرد و گفت وقت آن رسیده است که وی اعدام شود. اندکی پس از این

محکومیت، ادارهٔ دریافت مالیات بر درآمد تعطیل شد. مدتی بعد خود مارا به وسیلهٔ زنی ستمدیده به نام شارلوت کورده در حمام به قتل رسید، ولی برای لاووازیه دیگر دیر شده بود که بتواند کاری از پیش ببرد.

در سال ۱۷۹۳ دوران سرکوب معروف به حکومت وحشت با آنکه شدیداً عمل می‌کرد بر شتاب خود افزود. در ماه اکتبر، ماری آنتوانت با گیوتین اعدام شد. یک ماه بعد در حالی که لاووازیه و همسرش، قدری دیر، به فکر اجرای نقشهٔ فرار به اسکاتلند افتاده بودند لاووازیه دستگیر شد. در ماه مه، او و سی و یک عضو ادارهٔ دریافت مالیات بر درآمد در برابر دادگاه انقلابی قرار گرفتند (در تالاری که پیکرهٔ بالا تنهٔ مارا در جای ریاست آن نصب شده بود). از آن عده هشت نفر تبرئه شدند ولی لاووازیه و دیگران را به کاخ انقلاب (کاخ کنکورد امروزی) بردند که فعال‌ترین گیوتین‌های فرانسه در آنجا برپا شده بودند. لاووازیه به چشم خود دید که پدر زنش را گردن زدند، و پس از او نوبت خود او شد. به فاصلهٔ کمتر از سه ماه بعد یعنی روز ۲۷ ژوییه، خود روبسپیر نیز به همین طریق و در همین جا اعدام شد و حکومت وحشت سریعاً به پایان رسید.

صد سال پس از اعدام لاووازیه، پیکرهٔ او در پاریس برپا شد و مورد ستایش همگان قرار گرفت تا آنکه کسی پیدا شد و گفت این پیکره هیچ شباهتی به لاووازیه ندارد. پیکره‌ساز در جریان بازجویی اعتراف کرد که سر مارکی دو کُندورسهٔ ریاضی‌دان و فیلسوف را به جای سر لاووازیه قرار داده است ـ گویا کلهٔ اضافی او را از قبل داشته است ـ به این امید که کسی متوجه نخواهد شد یا اگر متوجه شود به آن اهمیت نخواهد داد. در این احتمال دوم، حق با او بود. مقامات اجازه دادند پیکرهٔ لاووازیه با کلهٔ کُندورسه تا پنجاه سال بعد نیز در جای خود بماند تا آنکه در جنگ جهانی دوم، یک روز صبح آن را از جایش کندند و به عنوان آهن قراضه به کارخانهٔ ذوب آهن فرستادند.

در اوایل دههٔ ۱۸۰۰، استنشاق نیتروژن مونوکسید (گاز خنده‌آور) در انگلستان رواج پیدا کرد، چون معلوم شد که این کار «موجب نشاط فراوان می‌شود.» تا یک سدهٔ بعد، این گاز به صورت مادهٔ مخدر انتخابی جوانان درآمد. یک انجمن علمی

به نام انجمن اسکزین، مدتی تمام فعالیت‌های خود را به همین گاز محدود کرده بود. در تئاترها معمولاً «نمایش‌های شامگاهی با گاز خنده‌آور» به اجرا در می‌آمد که افراد داوطلب می‌شدند و ریه‌هاشان را با یک استنشاق پر می‌کردند و سپس به سرگرم ساختن مردم با تلوتلو خوردن‌های خود می‌پرداختند.

تا سال ۱۸۴۶ کسی به فکر استفادهٔ عملی و جدی از نیتروژن مونوکسید به عنوان یک مادهٔ بی‌هوشی‌آور نیفتاده بود. خدا می‌داند تا آن زمان چند هزار نفر درد چاقوی جراحی را بی‌جهت تحمل کرده بودند زیرا هیچ کس در اندیشهٔ بهره‌گیری از این آشکارترین کاربرد این گاز نبود.

دلیل اشاره به این مثال آن است که علم شیمی پس از پیمودن راهی چنان طولانی در سدهٔ هیجدهم، در نخستین دهه‌های سدهٔ نوزدهم اندکی از مسیر درست خارج شد، درست مانند علم زمین‌شناسی در نخستین سال‌های سدهٔ بیستم. بخشی از علت به محدودیت‌های موجود در تجهیزات و وسایل باز می‌گردد ــ مثلاً تا نیمهٔ دوم آن سده چیزی به نام دستگاه مرکز گریز (سانتریفوژ) وجود نداشت و همین شدیداً موجب محدودیت دامنهٔ آزمایش‌ها و تحقیقات می‌شد ــ و بخشی نیز جنبهٔ اجتماعی داشت. به طور کلی شیمی علم صاحبان ثروت و شرکت‌ها و کسانی بود که با زغال سنگ و پُتاس و انواع رنگ‌ها سر و کار داشتند نه علم آقایان که معمولاً به سمت زمین‌شناسی، تاریخ طبیعی و فیزیک کشیده می‌شدند. (البته این وضع در بریتانیا دیده می‌شد و اندکی با آنچه در قارهٔ اروپا وجود داشت فرق می‌کرد، فقط اندکی.) شاید جالب باشد که بدانید یکی از مهم‌ترین مشاهدات آن سده به نام حرکت براونی که فعال بودن مولکول‌ها را نشان داد نه به وسیلهٔ یک شیمی‌دان بلکه به وسیلهٔ یک گیاه‌شناس اسکاتلندی به نام رابرت براون انجام گرفت. (آنچه براون در سال ۱۸۲۷ مشاهده کرد این بود که ذرات ریز گردهٔ شناور در آب، صرفنظر از اینکه تا هر مدتی برای ته‌نشینی به حال خود رها شوند، الی غیرالنهایه به حرکت خود ادامه می‌دهند. علت این حرکت ابدی ــ یعنی فعالیت مولکول‌های نامریی ــ سال‌های سال جزو اسرار بود.)

اگر شخصیتی فوق‌العاده بعید به نام کنت فون رامفرد با آن لقب بزرگ‌منشانه‌اش که در سال ۱۷۵۳ با عنوان سادهٔ بنجمین تامپسن برای زندگی به وابرن در ایالت ماساچوست آمد در میان نمی‌بود، ممکن بود اوضاع از آنچه بود

بمراتب بدتر شود. تامپسن انسانی پُرجنب و جوش و بلندپرواز، «زیبارو و خوش‌قامت» بود، گاهی شجاع و فوق‌العاده تیز هوش می‌شد، اما هیچ چیز ناراحت کننده‌ای مانند وجدان عذابش نمی‌داد. در نوزده سالگی با بیوه‌ای ثروتمند ازدواج کرد که چهارده سال از خودش بزرگتر بود، اما با آغاز انقلاب در مستعمرات، بی‌فکرانه از وفاداران به حکومت طرفداری کرد و حتی مدتی به نمایندگی از آن‌ها جاسوسی می‌کرد. در سال سرنوشت‌ساز ۱۷۷۶ وقتی با احتمال دستگیری به اتهام «ملایمت در قبال آرمان آزادی» روبرو شد همسر و فرزندش را ترک گفت و در پیشاپیش غوغاگران ضد حکومت که به سطل‌های پر از قیر داغ، کیسه‌های پر از پَر مرغ و اشتیاق جدی به تزیین وی با هر دو مجهز بودند از صحنه گریخت.

او نخست به انگلستان و سپس به آلمان رفت و در آنجا به مقام مشاور نظامی حکومت باواریا رسید و مقامات را چنان تحت تأثیر قرارداد که در سال ۱۷۹۱ لقب کنت فون رامفرد توسط امپراتوری مقدس روم به وی داده شد. در حین اقامت در مونیخ به طراحی و اجرای پارکی معروف پرداخت که پارک انگلیسی نام دارد.

در فواصل بین این کارها، گاهی فرصت پیدا می‌کرد و حسابی به سراغ علم می‌رفت. او به برجسته‌ترین شخصیت صاحب نظر جهان در زمینهٔ ترمودینامیک و نخستین تشریح کنندهٔ اصول همرفت سیالات و گردش جریان‌های اقیانوسی تبدیل شد. چندین وسیلهٔ مفید مانند دستگاه قهوه‌ساز قطره‌ای، لباس زیر حرارتی، و نوعی اجاق اختراع کرد که هنوز هم بخاری رامفرد نامیده می‌شود. در سال ۱۸۰۵ به هنگام اقامت در فرانسه، از مادام لاووازیه بیوهٔ آنتوان ـ لوران دو لاووازیه خواستگاری و با او ازدواج کرد. این ازدواج به شکست انجامید و آن دو زود از هم جدا شدند. رامفرد در فرانسه ماند و در سال ۱۸۱۴ در همان‌جا درگذشت در حالی که همگان بجز دو همسر سابقش برایش احترام قایل بودند.

اما هدف از اشاره به نام او در اینجا آن است که رامفرد در سال ۱۷۹۹ و در حین اقامتی نسبتاً کوتاه در لندن، انستیتوی سلطنتی را به عنوان یکی دیگر از چندین انجمن علمی که در اواخر سدهٔ هیجدهم و اوایل سدهٔ نوزدهم در سراسر بریتانیا سر برآوردند تأسیس کرد. تا مدتی، این انستیتو تنها انجمن موجود برای

گسترش علم نوخاستهٔ شیمی به شمار می‌رفت، و این نیز تقریباً یکسره به واسطهٔ فعالیت‌های جوانی مستعد و تیزهوش به نام همفری دیوی میسر گردیده بود که اندکی پس از تأسیس انستیتو به مقام استادی شیمی در آن منصوب شد و سریعاً به عنوان استادی برجسته و محققی پرکار و پر حاصل به شهرت رسید.

دیوی به محض رسیدن به استادی انستیتوی سلطنتی، دست اندرکار کشف عناصر جدید ــ پُتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، استرونسیم، و آلومینیوم ــ یکی پس از دیگری شد. علت کشف این همه عنصر آن نبود که او خیلی زیاد به فکر کشف زنجیره‌ای از عناصر بود بلکه آن بود که توانسته بود روشی ابتکاری برای استفاده از الکتریسیته و کار با مواد مذاب ابداع کند، که امروزه الکترولیز (تجزیهٔ الکتریکی) نامیده می‌شود. او بر روی هم دوازده عنصر کشف کرد که معادل یک پنجم عناصر شناخته شده در آن روزگار بود. دیوی می‌توانست خیلی بیش از این‌ها کار کند اما به علت جوانی، شدیداً به خوشی‌های ناپایدار نیتروژن مونوکسید وابسته شد. او چنان به این گاز اعتیاد پیدا کرد که (عملاً) روزی سه یا چهار آن را استنشاق می‌کرد. گفته می‌شود همین کار در سال ۱۸۲۹ موجب مرگش شد.

خوشبختانه گروه‌های هوشیارتر در جاهای دیگر دست اندرکار بودند. در سال ۱۸۰۸ یک کویکر اخمو به نام جان دالتن، نخستین شخصی شد که تلویحاً به ماهیت اتم اشاره کرد (پیشرفتی که به طور کامل‌تر در صفحات بعد مورد بحث قرار خواهد گرفت)، و در سال ۱۸۱۱ یک ایتالیایی با نام اپرایی و پرشکوه لورنتسو رومانو آمادئو کارلو آووگادرو، کنت کواراکوا و چرتو، به کشفی نایل آمد که در درازمدت اهمیتی فوق‌العاده یافت ــ و آن از این قرار بود که دو حجم مساوی از هر نوع گازی، هرگاه در فشار و دمای یکسان نگه داشته شوند، دارای مولکول‌هایی به تعداد مساوی خواهند بود.

در این کشف آووگادرو که قانون یا اصل آووگادرو نامیده می‌شود، دو نکته جلب توجه می‌کرد. نخست آنکه شالوده‌ای برای اندازه‌گیری هرچه دقیق‌تر اندازه و وزن اتم‌ها فراهم آورد. مثلاً شیمی‌دان‌ها با استفاده از ریاضیات آووگادرو، سرانجام توانستند دریابند که یک اتم عادی، دارای قطری معادل ۰/۰۰۰۰۰۰۰۸ سانتیمتر است که رقمی بسیار کوچک در عمل است. دوم آنکه تا پنجاه سال بعد، تقریباً کسی

چیزی دربارهٔ قانون فوق‌العاده سادهٔ آوودگادرو نمی‌دانست.*

علت، تا حدودی، آن بود که خود آووگادرو شخصی بازنشسته بود ــ تنها کار می‌کرد، خیلی کم با دانشمندان روزگار مکاتبه داشت، کمتر مقاله‌ای انتشار می‌داد و در هیچ جلسه‌ای حضور نمی‌یافت ــ اما از طرف دیگر، جلسه‌ای تشکیل نمی‌شد که در آن شرکت کند یا نشریه‌ای در رشتهٔ شیمی منتشر نمی‌شد که مقاله‌اش را در آن به چاپ برساند. این واقعیتی نسبتاً استثنایی است. عامل محرک انقلاب صنعتی، عمدتاً علم شیمی بود، اما همین علم به عنوان علمی سازمان یافته تا چندین دهه چندان حضوری در عرصه‌های جامعه نداشت.

انجمن شیمی لندن تا سال ۱۸۴۱ تأسیس نشده بود و تا سال ۱۸۴۸ نیز نشریه‌ای با انتشار مرتب نداشت. اما تا همان سال، از عمر اغلب انجمن‌های علمی بریتانیا ــ زمین‌شناسی، جغرافیایی، باغداری، جانورشناسی، و انجمن لینه (برای طبیعت‌شناسان و گیاه‌شناسان) ــ نزدیک به بیست سال یا غالباً بیشتر سپری شده بود. انستیتوی شیمی رقیب تا سال ۱۸۷۷ یعنی یک سال پس از تأسیس انجمن شیمی آمریکا ایجاد نشده بود. از آنجا که سازمان‌دهی علم شیمی بسیار کُند پیش می‌رفت، خبر کشف بزرگ و مهم آووگادرو در سال ۱۸۱۱ تا تشکیل نخستین کنگرهٔ بین‌المللی شیمی در سال ۱۸۶۰ در کارلسروهه به گوش جهانیان نرسیده بود.

از آنجا که شیمی‌دان‌ها مدت‌های طولانی در انزوا فعالیت می‌کردند، میثاق‌های مشترک بین ایشان به کندی شکل گرفت و ظاهر شد. تا نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم، فرمول $H_2O_2$ ممکن بود در نظر یک شیمی‌دان به معنی آب باشد ولی

* این قانون بعدها به پذیرفته شدن عدد آووگادرو انجامید که واحدی پایه برای اندازه‌گیری در علم شیمی است و پس از مرگ آووگادرو به نام او نامگذاری شد. این عدد تعداد مولکول‌هایی را نشان می‌دهد که در ۲/۰۱۶ گرم گاز هیدروژن یافت می‌شوند (یا حجم معادلی از هر گاز دیگر). مقدار این عدد معادل $۶/۰۲۲۱۳۶۷ \times ۱۰^{۲۳}$ تعیین شده است که عددی فوق‌العاده بزرگ است. محققان رشتهٔ شیمی، از سال‌ها پیش به انجام محاسباتی برای پی بردن به بزرگی این عدد پرداخته‌اند، به همین دلیل من در اینجا می‌توانم بگویم عدد مذکور برابر است با تعداد دانه‌های ذرت بو دادهٔ لازم برای پوشاندن سطح کشور ایالات متحد آمریکا به عمق ۹ مایل یا تعداد فنجان پر از آب برای پر کردن اقیانوس آرام، یا تعداد قوطی‌های نوشابهٔ غیر الکلی لازم برای پوشاندن سطح کرهٔ زمین (در صورتی که یکنواخت چیده شده باشند) به عمق ۲۰۰ مایل. اگر همین عدد را به پنی آمریکایی بیان کنیم برای تریلیونر کردن تک تک افراد روی زمین کفایت می‌کند. عددی بس بزرگ است.

شیمی‌دان دیگری آن را پراکسید هیدروژن (آب اکسیژنه) بدانند. فرمول $C_2H_4$ می‌توانست نشانهٔ اتیلن یا گاز مرداب باشد. کمتر می‌شد مولکولی را یافت که در همه جا به شکلی یکنواخت نشان داده شده باشد.

شیمی‌دان‌ها، همچنین، از انواع گیج کننده‌ای از علایم و کوته‌نوشته‌های غالباً خود ساخته استفاده می‌کردند. یونس یاکوب برزلیوس سوئدی با اعلام اینکه اسامی عناصر باید به صورت کوته‌نوشته (حروف اختصاری) بر اساس اسامی یونانی یا لاتینی آن‌ها نوشته شوند توانست مختصر نظمی را که ضرورتش از مدت‌ها پیش احساس می‌شد در امور ایجاد کند. به همین دلیل ریشه شناختی است که Fe (از *Ferrum* لاتینی)، کوته نوشتهٔ آهن و Ag (از *Argetum* لاتینی) کوته‌نوشتهٔ نقره شده‌اند. اینکه دیده می‌شود بسیاری از دیگر کوته نوشته‌ها با نام‌های انگلیسی عناصر مطابقت پیدا می‌کنند (N برای *nitrogen* به معنی نیتروژن، O برای *Oxygen* به معنی اکسیژن، H برای *Hydrogen* به معنی هیدروژن، و غیره) بازتابی از لاتینی تبار بودن زبان انگلیسی است نه جایگاه والای آن. برزلیوس برای نشان دادن عدد اتم‌های یک مولکول از یک روش عدد توک‌نویسی استفاده کرد، مانند $H^2O$. بعدها بدون هیچ دلیل خاصی نوشتن آن عدد به صورت اندیس رواج پیدا کرد: $H_2O$.

علم شیمی علیرغم بارها خانه‌تکانی و سروسامان‌یابی، در نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم همچنان در وضعیت آشفته به سر می‌برد، و به همین دلیل بود که مطرح شدن نام دمیتری ایوانوویچ مندلیف استاد شیمی دانشگاه سن‌پترزبورگ در سال ۱۸۶۹ و اهمیت پیدا کردنش موجبات شادی بسیاری از شیمی‌دان‌ها را فراهم آورد.

مندلیف در سال ۱۸۳۴ در توبولکس واقع در منتهاالیه غربی سیبریه و در یک خانوادهٔ تحصیل کرده، مرفه و بسیار بزرگ ــ چنان بزرگ که تاریخ، سر نخ‌های مشخص کنندهٔ تعداد دقیق مندلیف‌ها را گم کرده است ــ چشم به جهان گشود: تعداد فرزندان خانواده در برخی منابع چهارده و در برخی دیگر هفده اعلام شده است. اما تمام منابع اذعان کرده‌اند که دمیتری کوچک‌ترین فرزند خانواده بوده است. بخت همیشه با مندلیف یار نبود. وقتی دمیتری کودکی خردسال بود پدرش که رییس مدرسهٔ محلی بود نابینا شد و مادرش مجبور شد شغلی برای خود پیدا کند. او که زنی آشکارا تیزهوش و کاردان بود سرانجام به

مقام مدیریت یک کارخانهٔ پُررونق شیشه‌سازی رسید. همه چیز تا سال ۱۸۴۸ به خوبی می‌گذشت که کارخانهٔ شیشه‌سازی ناگهان آتش گرفت و سوخت و خانوادهٔ مندلیف به تهی‌دستی افتاد. خانم مندلیف تزلزل‌ناپذیر که تصمیم گرفته بود فرزند کوچکش را از تحصیل باز ندارد همراه دمیتری جوان مسافتی معادل چهار هزار کیلومتر را با سوار شدن بر وسایل نقلیه گوناگون پیمود و به سن پترزبورگ رسید ــ این مسافت معادل یک سفر از لندن تا گینهٔ استوایی است. در سن پترزبورگ، دمیتری را به انستیتوی تربیت معلم سپرد. خانم مندلیف که تاب و توان خود را بر اثر آن همه تلاش از دست داده بود اندکی بعد چشم از جهان فروبست.

مندلیف وظیفه‌شناس، تحصیلاتش را تکمیل کرد و توانست در دانشگاه محلی استخدام شود. در آنجا، وی یک شیمی‌دان شایسته اما نه خیلی برجسته بود که نه به واسطهٔ استعدادش در کارهای آزمایشگاهی بلکه به واسطهٔ موی ژولیده و ریش انبوهش به شهرت رسید، چون آن‌ها را فقط سالی یک بار اصلاح می‌کرد.

اما در سال ۱۸۶۹ یعنی در سی و پنج سالگی، تدریجاً به فکر پیدا کردن راهی برای مرتب کردن عناصر شیمیایی افتاد. در آن زمان، عناصر را معمولاً به دو طریق مرتب می‌کردند ــ یا برحسب وزن اتمی (با استفاده از قانون آووگادرو) یا برحسب خواص مشترک (مثلاً فلز یا گاز بودن). شاهکار مندلیف این بود که توانست این دو طریق را به صورت یک جدول واحد درآورد.

همچنان که غالباً در دنیای علم دیده می‌شود، این اصل سه سال قبل توسط یک شیمی‌دان غیرحرفه‌ای به نام جان نیولندز پیش‌بینی شده بود. بر طبق پیشنهاد او، عناصر هرگاه برحسب وزن‌شان مرتب شوند ظاهراً برخی خواص آن‌ها ــ به عبارتی، برای هماهنگ سازی ــ در هر هشتمین جای آن جدول تکرار می‌شوند. از آنجا که زمان برای طرح اندیشهٔ او هنوز فرا نرسیده بود، نیولندز تا حدودی از روی بی‌فکری این پدیده را قانون هشتگان (اکتاو) نامید و آن را با اکتاوهای صفحه کلید پیانو مقایسه کرد. شاید اشکالی در این شیوهٔ معرفی توسط نیولندز وجود داشت، اما هرچه بود مخاطبانش اندیشهٔ او را احمقانه به شمار آوردند و به او خندیدند. در جلسات، حاضران شوخ طبع از او می‌خواستند کاری کند که عناصر مذکور برایشان یک آهنگ کوتاه بنوازند. نیولندز که بدین ترتیب از کار خود نومید شده بود از پی‌گیری اندیشه‌اش دست برداشت و در اندک مدتی از نظرها پنهان شد.

مندلیف از یک راه نسبتاً متفاوت وارد شد، یعنی عناصر را در گروه‌های هفت‌تایی قرار داد، اما اساساً همان روش را به کار گرفت. ناگهان معلوم شد که اندیشه‌ای درخشان و فوق‌العاده هوشمندانه داشته است. از آنجا که خواص عناصر به صورت تناوبی تکرار می‌شوند این جدول نیز به جدول تناوبی معروف شد.

گفته‌اند مندلیف در این کار از نوعی ورق بازی یک نفره به نام سولیتر (solitaire) در آمریکای شمالی و فال ورق در کشورهای دیگر الهام گرفته بود که در آن ورق‌ها به صورت افقی بر حسب لباس و به صورت عمودی بر حسب شماره مرتب می‌شوند. او با به کار گرفتن روشی بسیار مشابه روش بالا، عناصر را در ردیف‌هایی افقی به نام دوره و ستون‌هایی عمودی به نام گروه مرتب کرد. بدین ترتیب در یک آن، مجموعه‌ای از روابط را در زمانی که جدول از بالا به پایین خوانده می‌شد و مجموعه‌ای دیگر را در زمانی که از یک طرف به طرف دیگر خوانده می‌شد نشان می‌داد. مثلاً مس در بالای نقره قرار می‌گیرد و نقره در بالای طلا به علت خویشاوندی‌شان به عنوان سه فلز، در حالی که هلیوم، نئون و آرگون در ستونی قرار می‌گیرند که از گازها تشکیل شده است (عامل تعیین کنندهٔ واقعی و ظاهری در این چیدمان، چیزی است که ظرفیت یا والانس الکترونی آن‌ها نامیده می‌شود، و شما نیز اگر بخواهید از معنی آن سر درآورید باید در کلاس‌های شبانه ثبت نام کنید. در این ضمن، ردیف‌های افقی مواد شیمیایی را به ترتیب صعودی بر حسب تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ آن‌ها ــ که به عدد اتمی معروف است ــ مرتب می‌کنند.

دربارهٔ ساختمان اتم‌ها و اهمیت پروتون‌ها در یک فصل دیگر بحث خواهد شد؛ بنابراین در حال حاضر آنچه ضرورت دارد، پی بردن به اصل سازمان دهی و درک آن است: هیدروژن فقط یک پروتون دارد، و به همین علت عدد اتمی آن یک است و در جای نخست جدول قرار می‌گیرد؛ اورانیم نود و دو پروتون دارد و به همین علت نزدیک به پایان جدول قرار می‌گیرد و عدد اتمی آن نود و دو است. بدین معنی، همچنان که فیلیپ بال متذکر شده است علم شیمی عملاً با شمارش سروکار دارد. (از قضا عدد اتمی را نباید با وزن اتمی اشتباه گرفت، چون وزن اتمی عبارت است از تعداد پروتون‌ها به اضافهٔ تعداد نوترون‌های یک عنصر معین.) هنوز خیلی چیزها بود که کسی نتوانسته بود بشناسد یا درک کند.

هیدروژن فراوان‌ترین عنصر موجود در کائنات است، و با این حال تا یک دورهٔ سی سالهٔ دیگر کسی چنین حدسی نمی‌زد. دومین عنصر یعنی هلیوم، فقط یک سال پیش از آن کشف شده بود ــ پیش از آن حتی کسی تصور نمی‌کرد که چنین چیزی وجود داشته باشد ــ آن هم نه در کرهٔ زمین بلکه در کرهٔ خورشید، که در حین یک خورشید گرفتگی و به کمک یک اسپکتروسکوپ کشف شد، و به همین دلیل است که نام یونانی هلیوس یعنی خدای خورشید بر آن نهاده شده است. هلیوم تا سال ۱۸۹۵ از عناصر دیگر جدا نشده بود. حتی با این حال، علم شیمی با تکیه بر اختراع مندلیف، بر شالوده‌ای محکم استوار گردید.

جدول تناوبی در نظر بسیاری از ما، چیزی زیبا و انتزاعی است اما در نظر شیمی‌دان‌ها نظم و وضوحی چنان صریح برقرار می‌سازد که به ندرت می‌توان درباره‌اش اغراق‌گویی کرد. رابرت ا. کربز در تاریخ و کاربرد عناصر شیمیایی کرهٔ خاکی ما می‌نویسد: «جدول تناوبی عناصر شیمیایی، بدون کوچک‌ترین تردیدی، ظریف‌ترین نمودار سازمانی طراحی شده به دست بشر تا این تاریخ است» این‌گونه ابراز احساسات را می‌توان تقریباً در هر تاریخ چاپ شدهٔ علم شیمی پیدا کرد.

امروزه تعداد عناصر شناخته شده به «۱۲۰ عنصر یا بیشتر» رسیده است ــ نود و دو عنصر طبیعی به اضافه بیست و چندتای دیگر که در آزمایشگاه تولید شده‌اند. در مورد تعداد واقعی عناصر، مختصر اختلافی وجود دارد زیرا عمر عناصر سنگین و ترکیب شده به طریق مصنوعی از چند میلیونیم ثانیه فراتر نمی‌رود و شیمی‌دان‌ها نیز غالباً در مورد شناخته شدن یا نشدن چنین عناصری با یکدیگر بگو مگو پیدا می‌کنند. در روزگار مندلیف فقط شصت و سه عنصر شناخته شده بودند، اما بخشی از تیزهوشی او در تشخیص این نکته بود که عناصر شناخته شده تا آن روز تصویر کاملی در اختیار ما قرار نمی‌دادند و جای بسیاری از قطعات جدول خالی بود. در جدول مندلیف، با دقتی ستودنی پیش‌بینی شده بود که عناصر جدید در صورتی که یافت شوند در کدام خانهٔ آن قرار می‌گیرند.

از قضا کسی نمی‌داند که تعداد عناصر این جدول تا کجا ممکن است افزایش پیدا کند، هر چند وجود عنصری فراتر از ۱۶۸ به عنوان وزن اتمی آن «تماماً تخیلی» تلقی می‌شود، اما چیزی که نمی‌توان در آن تردید کرد این است که هر عنصری که

یافت شود در جای دقیق خود در جدول بزرگ مندلیف قرار خواهد گرفت.

سدهٔ نوزدهم یک شگفتی بزرگ دیگر برای شیمی‌دان‌ها به ارمغان آورد. این شگفتی در سال ۱۸۹۶ یعنی زمانی آغاز شد که آنتوان هانری بکرل در پاریس، از روی بی‌احتیاطی یک بسته حاوی نمک‌های اورانیوم را در داخل یک کشو روی یک صفحهٔ عکاسی گذاشت. مدتی بعد وقتی صفحهٔ عکاسی را بیرون آورد با شگفتی تمام متوجه شد که نمک‌های مزبور نقش خود را روی آن انداخته‌اند، درست مثل اینکه صفحهٔ مزبور در معرض نور قرار گرفته باشد. این نمک‌ها نوعی اشعه از خود ساطع می‌کردند.

بکرل با توجه به اهمیت چیزی که کشف کرده بود، دست به کاری بسیار عجیب زد: آن ماده را به یک دانشجوی لهستانی دورهٔ فوق لیسانس به نام ماری کوری تحویل داد. ماری کوری که با همسر جدیدش پییر کوری همکاری می‌کرد متوجه شد که برخی از انواع سنگ‌ها مقادیر ثابت و خارق‌العاده‌ای انرژی از خود بیرون می‌دهند بدون آنکه چیزی از ابعادشان کاسته شود یا کوچک‌ترین تغییر محسوسی در آن‌ها ایجاد شود. آنچه ماری و همسرش نتوانستند دریابند ــ همان چیزی که هیچ کس دیگر نمی‌توانست تا پیش از تبیین مسایل توسط اینشتین در یک دههٔ بعد دریابد ــ این بود که سنگ‌های مزبور به شکلی بی‌نهایت کارآمد، جرم را به انرژی تبدیل می‌کردند. ماری کوری، این پدیده را «رادیواکتیویته» نامید. ماری و پییر کوری در جریان کار، همچنین، دو عنصر کشف کردند ــ پولونیوم، که از نام زادگاه ماری یعنی لهستان (Poland) مشتق می‌شود، و رادیوم. در سال ۱۹۰۳ جایزه نوبل در رشتهٔ فیزیک به ماری و پییر کوری و بکرل تعلق گرفت. (بعدها ماری کوری در سال ۱۹۱۱ یک جایزهٔ دیگر در رشتهٔ شیمی گرفت، و بدین ترتیب تنها دانشمندی بود که در رشتهٔ فیزیک و شیمی جایزه می‌گرفت.)

ارنست رادرفرد جوان از زلند جدید، در دانشگاه مک‌گیل مونترال به مواد رادیواکتیو جدید علاقمند شد. او به اتفاق همکارش فردریک سادی، پی برد که مقادیر عظیمی از انرژی در این مقادیر اندک ماده مهار شده است، و واپاشی رادیو اکتیو این انرژی‌های ذخیره می‌تواند بخش بزرگی از گرمای کرهٔ زمین را

موجب شود. آن‌ها همچنین پی بردند که عناصر رادیو اکتیو متلاشی می‌شوند و به عناصر دیگری تبدیل می‌شوند ـ یعنی اینکه یک روز اتم اورانیوم را در اختیار داشتند و روز بعد سرب را. این حقیقتاً خارق‌العاده بود. کیمیاگری بود. خالص و ساده؛ تا آن زمان کسی تصور نکرده بود که چنین چیزی می‌تواند به صورت طبیعی و خودانگیخته رخ دهد.

رادرفرد سودگرای، نخستین کسی بود که متوجه شد این تبدیل عناصر می‌تواند ارزش کاربردی فراوانی داشته باشد. او متوجه شد که در هر نمونه از مادهٔ رادیواکتیو زمان لازم برای واپاشی نیمی از نمونه، همواره ثابت است ـ همان نیم‌عمر معروف ـ و از این سرعت واپاشی پیوسته و قابل اطمینان می‌توان به عنوان نوعی ساعت استفاده کرد. با محاسبهٔ وارونهٔ مقدار تشعشع هر ماده در این لحظه و تعیین سرعت واپاشی آن، می‌توان عمر آن ماده را تعیین کرد. بدین منظور یک تکه پیچبلند را که کانهٔ اصلی اورانیوم است آزمایش کرد و متوجه شد که ۷۰۰ میلیون سال از عمرش می‌گذرد ـ بمراتب بیش از عمری که اغلب افراد حاضر بودند برای کرهٔ زمین قایل شوند.

رادرفرد در بهار سال ۱۹۰۴ برای سخنرانی در انستیتوی سلطنتی بریتانیا به لندن سفر کرد. این سازمان عظیم فقط ۱۰۵ سال پیش توسط کنت فون رامفرد تاسیس شده بود، هرچند آن عمر دود شدنی و به هوا برخاستنی در مقایسه با استحکام و حالت آستین بالازدهٔ دانشمندان آخرین سال‌های دورهٔ ویکتوریا چیزی جز یک روزگار سپری شده به نظر نمی‌رسید. رادرفرد برای سخنرانی دربارهٔ نظریهٔ جدید مربوط به رادیواکتیویتهٔ حاصل از واپاشی مواد به آنجا رفته بود و به عنوان بخشی از سخنرانی، نمونهٔ پیچبلند آزمایش شده را به حاضران نشان داد. رادرفرد با ظرافت و تدبیر کافی ـ چون کلوین در جلسه حضور داشت، گرچه تمام مدت بیدار نبود ـ متوجه شد که خود کلوین قبلاً گفته است کشف یک منبع حرارتی دیگر، محاسبات او را از اعتبار می‌اندازد. رادرفرد آن منبع دیگر را کشف کرده بود. کرهٔ زمین به علت رادیواکتیویته، می‌توانست بمراتب قدیمی‌تر از آن ۲۴ میلیون سالی باشد که در محاسبات کلوین پیش‌بینی شده بود ـ و آشکارا نیز چنین بود.

کلوین این سخنرانی با ارزش رادرفرد را با وجود خویش روشنی بخشید، اما عملاً تحت تأثیر قرار نگرفت. او هیچ‌گاه اعداد تجدید نظر شده را نپذیرفت و

تا روز مرگش نیز معتقد بود تحقیقاتی که در زمینهٔ عمر کرهٔ زمین انجام داده است دقیق‌ترین و مهم‌ترین کمک او به دنیای علم ــ و بمراتب بزرگتر از کارهایش در زمینهٔ ترمودینامیک ــ است.

همچنان که در اغلب انقلاب‌های علمی دیده شده است، دستاوردهای جدید رادرفرد با پذیرش جهانی مواجه نشدند. جان جالی از دانشگاه دابلین، تا اوایل دههٔ ۱۹۳۰ همچنان مصرانه معتقد بود که عمر کرهٔ زمین از هشتاد و نه میلیون سال تجاوز نمی‌کند، که فقط مرگ توانست او را از ادامه پافشاری‌هایش بر این اعتقاد بازدارد. دیگران تدریجاً نگرانی خود را به زبان آوردند و گفتند زمانی که رادرفرد اعلام می‌کند، مهلتی بسیار طولانی در اختیارشان قرار می‌دهد. اما حتی به کمک تاریخ‌گذاری به روش پرتوسنجی، یا نام دیگر اندازه‌گیری واپاشی رادیواکتیو، چند دهه‌ای تا رسیدن به عمری در محدودهٔ یک میلیارد سال یا بیشتر به عنوان عمر واقعی کرهٔ زمین فاصله داشتیم. علم در مسیر درست گام نهاده بود، اما هنوز با آن فاصله داشت.

کلوین در سال ۱۹۰۷ درگذشت. مرگ دمیتری مندلیف نیز در همان سال رخ داد. او نیز مانند کلوین، سال‌های پر حاصل زندگی را مدت‌ها قبل پشت سر گذاشته بود، ولی سال‌های پایانی عمرش اندکی آشفته‌تر شده بودند. هر روز که از عمر مندلیف می‌گذشت، بر خودخواهی او افزوده می‌شد ــ از قبول وجود تشعشع یا الکترون یا هر چیز جدیدی که مطرح می‌شد خودداری می‌کرد ــ و روز به روز سخت‌گیرتر می‌شد. چند دههٔ پایانی عمر او غالباً صرف سخنرانی‌های پر آب و تاب در آزمایشگاه‌ها و تالارهای سراسر اروپا شد. در سال ۱۹۵۵ عنصر ۱۰۱ به افتخار او «مندلیوم» نامیده شد. پل استراترن در این مورد می‌گوید: «در ظاهر، یک عنصر ناپایدار است.»

البته تشعشع، عملاً و به شکل‌هایی که هیچ کس انتظارش را نداشت، همچنان به پیشرفت‌های خود ادامه داد. در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ پییرکوری تدریجاً نشانه‌های روشن بیماری تابشی ــ بویژه دردهای گنگ در استخوان‌ها و احساس ناراحتی و بی‌قراری مزمن ــ را که بدون تردید به مراحل پیشرفته و نامطلوب رسیده بود از خود بروز داد. این موضوع هیچ‌گاه بر ما روشن نخواهد شد زیرا در سال ۱۹۰۶ وقتی از خیابانی در پاریس عبور می‌کرد یک دلیجان او را زیر گرفت و کشت.

ماری کوری، سال‌های باقی ماندهٔ عمرش را به کار پر افتخار ادامه داد، و در سال ۱۹۱۴ به تأسیس انستیتوی رادیم معروف در دانشگاه پاریس یاری کرد. علیرغم آنکه دو جایزهٔ نوبل دریافت کرده بود هیچ‌گاه به عضویت آکادمی علوم برگزیده نشد، بویژه آنکه پس از مرگ پییر، با یک پزشک متأهل رابطه برقرار کرد که همین حتی برای بدنام کردن فرانسویان ــ یا حتی پیر مردانی که آکادمی علوم را اداره می‌کردند ــ کافی بود، که این خود شاید به بحثی دیگر نیاز داشته باشد.

مدت‌های طولانی چنین فرض می‌شد که چیزی چنین معجزه‌آسا و سرشار از انرژی مانند رادیواکتیویته، حتماً باید مفید باشد. چند سال نیز تولید کنندگان خمیر دندان و داروهای ملین، به محصولات خودشان توریم رادیواکتیو می‌افزودند، و دست کم تا اواخر دههٔ ۱۹۲۰ هتل گلن اسپرینگز در منطقهٔ فینگر لینکز نیویورک (و سایر هتل‌ها، بدون تردید) اثرات درمانی «چشمه‌های آب معدنی رادیواکتیو» خود را با غرور به مردم نمایش می‌داد. استفاده از رادیواکتیویته در محصولات مصرفی تا سال ۱۹۳۸ ممنوع نشده بود. این زمان، دیگر برای خانم ماری کوری خیلی دیر شده بود، چون در سال ۱۹۳۴ بر اثر ابتلا به سرطان خون یا Leukemia درگذشت. به عبارت دقیق‌تر، تشعشع چنان خطرناک و دارای اثرات ماندگار است که حتی امروز، گزارش‌های دههٔ ۱۸۹۰ او ــ حتی کتاب‌های آشپزی‌اش ــ به قدری خطرناکند که نباید به آن‌ها دست زد. کتاب‌های آزمایشگاه ماری کوری در جعبه‌های دارای آستر سربی نگهداری می‌شوند و کسانی که بخواهند آن‌ها را ببینند باید لباس ایمنی بپوشند.

در سایهٔ تحقیقات فداکارانه و سهواً پر مخاطرهٔ نخستین دانشمندان اتمی جهان، در نخستین سال‌های سدهٔ بیستم تدریجاً روشن می‌شد که کرهٔ زمین، بدون تردید کره‌ای قابل احترام است، هر چند برای آنکه بتوان درجهٔ قابل احترام بودن آن را به دقت و با اطمینان تعیین کرد می‌بایست پنجاه سال دیگر می‌گذشت. در این ضمن، علم در آستانهٔ گام نهادن به عصری جدید ــ عصر اتم ــ قرار می‌گرفت.

# بخش ۳  آغاز عصر جدید

هر فیزیکدان تجسم شیوهٔ تفکر اتم دربارهٔ اتم است.

ــ ناشناس

# ۸ کائنات اینشتین

همچنان که سدهٔ نوزدهم به پایان خود نزدیک می‌شد، دانشمندان می‌توانستند با احساس رضایتی درونی به این نکته بیندیشند که تا این تاریخ توانسته‌اند بیشتر اسرار دنیای مادی را بگشایند و تبیین کنند: الکتریسته، مغناطیس، گازها، نورشناخت، آکوستیک (صوت‌شناسی)، حرکت‌شناسی، و مکانیک آماری، که البته به معنی تمامی دیگر رشته‌هایی که پیش از ایشان به نظم درآمده بودند نیست. آن‌ها اشعهٔ ایکس، اشعهٔ کاتودی، الکترون، و رادیواکتیویته را کشف و اهم، وات، کلوین، ژول، آمپر، و ارگ کوچک را اختراع کردند.

اگر امکانی برای به نوسان درآوردن، شتاب دادن، آشفته ساختن، تقطیر کردن، ترکیب کردن، وزن کردن، یا به گاز تبدیل کردن چیزی وجود داشت، آن‌ها چنین کرده بودند و در جریان کار، به مجموعه‌ای از قوانین عام چنان وزین و شکوهمند دست یافته بودند که در نگارش انگلیسی، هنوز هم حرف نخست آن‌ها را به هنگام نوشتن با حرف بزرگ نشان می‌دهند: نظریهٔ میدان الکترومغناطیسی نور، قانون نسبت‌های متقابل ریشتر، قانون گازهای چارلز، قانون ترکیب حجمی، قانون صفرم (ترمودینامیک)، مفهوم والانس (ظرفیت)، قوانین اثر جرم، و بسیاری قوانین دیگر که برون از شمار است. کل جهان به وسیلهٔ ماشین‌آلات و ابزارهای دقیق حاصل از نبوغ اینان به صدا درآمده و آوای شادی سر داده بود. بسیاری از فرزانگان روزگار معتقد بودند که دیگر کار چندانی برای علم باقی نمانده است.

در سال ۱۸۷۵ وقتی یک آلمانی جوان به نام ماکس پلانک در شهر کیل دربارهٔ وقف کردن عمرش در راه یکی از دو علم ریاضی یا فیزیک تصمیم

می‌گرفت، از وی مصرانه خواسته شد که رشتهٔ فیزیک را انتخاب نکند زیرا هر آنچه دستْ یافتنی در فیزیک وجود داشت تماماً کشف شده بود. به پلانک اطمینان داده شد که سدهٔ آینده سدهٔ تحکیم و پالایش خواهد بود نه سدهٔ انقلاب. پلانک به این توصیه‌ها گوش نداد. به مطالعهٔ فیزیک نظری روی آورد و تمام نیروی خود را در راه آنتروپی به کار گرفت که فرآیندی در دل ترمودینامیک بود و به نظر می‌رسید که جوانی بلندگرای چون او را به آینده‌ای درخشان هدایت می‌کرد.* در سال ۱۸۹۱ نتایج خود را به دست آورد و با نومیدی دریافت که مهم‌ترین کار در زمینهٔ آنتروپی عملاً پیش از این انجام شده بوده است، که در این مورد می‌توان به یک دانشمند بازنشستهٔ دانشگاه ییل به نام ج. ویلارد گیبز اشاره کرد.

گیبز به احتمال قوی برجسته‌ترین شخصیتی است که بیشتر مردم هرگز چیزی درباره‌اش نشنیده‌اند. او که وجودش بر اثر فروتنی فوق‌العاده‌اش هیچ‌گاه جلب توجه نمی‌کرد، تمام عمرش را به استثنای سه سالی که به تحقیق و مطالعه در اروپا سپری کرد، در یک محدودهٔ سه بلوکی محدود به خانهٔ خودش و پردیس دانشگاه ییل در نیوهیون، ایالت کنکتیکت گذرانید. در نخستین ده سال فعالیتش در دانشگاه ییل حتی به خودش زحمت نداد که سراغ حقوق ماهانه‌اش را بگیرد. (امکانات مالی مستقل برای خودش داشت.) از ۱۸۷۱ به بعد که به مقام استادی رسید، تا مرگش در سال ۱۹۰۳، کلاس‌های درس او ندرتاً با بیش از یک دانشجو در هر نیمسال تشکیل می‌شد. کارهای مکتوب او را به دشواری می‌شد دنبال کرد چون شکل خاصی از علامت‌نویسی را به کار می‌برد که برای بسیاری از محققان قابل درک نبود. اما در میان همین فرمول‌بندی‌ها و علامت نویسی های اسرارآمیز،

* به ویژه آنکه آنتروپی مقیاسی برای تصادفی بودن و بی‌نظمی در یک سیستم است. دارل ابینگ در کتاب درسی شیمی عمومی، به طرزی بسیار مفید پیشنهاد می‌کند که یک دست ورق را بدین منظور در نظر آورید. یک دست ورق جدید را که تازه از جعبه‌اش خارج شده، در صورتی که بر حسب خال و به ترتیب از آس تا شاه مرتب شده باشد، می‌توان گفت در حالت نظم یافته قرار دارد. اگر ورق‌ها را بُر بزنید و زیر و رو کنید آن‌ها را در حالت بی‌نظمی قرار می‌دهید. آنتروپی روشی است برای اندازه‌گیری چگونگی آن حالت بی‌نظمی و تعیین احتمال پیامدهای ویژه به دنبال بُر زدن‌های بعدی. البته اگر بخواهید نظرات‌تان در یک مجلهٔ وزین منتشر شود لازم خواهد بود که با برخی مفاهیم اضافی مانند نایکنواختی حرارتی، فواصل شبکه، و روابط استوکیومتری (ریاضی ـ شیمی) نیز آشنا شوید، اما اصل کلی همین است که گفته شد.

دیدگاه‌های ژرف و درخشان او پنهان شده بودند.

در سال‌های ۱۸۷۵-۷۸ گیبز مجموعهٔ مقالاتی با عنوان کلی دربارهٔ تعادل مواد ناهمگن انتشار داد که به گفتهٔ ویلیام هـ کراپر در آن‌ها به طرز خیره‌کننده‌ای اصول ترمودینامیکی تقریباً همه چیز ـ «گازها، مخلوط‌ها، سطوح، جامدات، تغییرات فاز... واکنش‌های شیمیایی، پیل‌های الکتروشیمیایی، رسوب‌گذاری، و اُسمُز» ـ را تشریح کرده بود. در اصل، کاری که گیبز انجام داد این بود که نشان داد ترمودینامیک صرفاً در مورد حرارت و انرژی در مقیاس بزرگ و پر سر و صدای موتور بخار کاربرد ندارد بلکه در سطح اتمی واکنش‌های شیمیایی حضور دارد و نافذ است. تعادل مواد ناهمگن اثر گیبز امروزه «حکم کتاب اصول ترمودینامیک» را پیدا کرده است، اما به دلایلی غیر از آنچه گیبز برای انتشار این ملاحظات دورانساز در نشریهٔ *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* داشت این نشریه حتی در کنکتیکت به قدری گمنام بود که ماکس پلانک نیز چیزی دربارهٔ گیبز نشنید تا آنکه کار از کار گذشت.

پلانک که انسانی متهور ـ و شاید هم تا اندازه‌ای نامتهور ـ بود، به موضوعاتی دیگر پرداخت.* ما اندکی بعد به این موضوعات باز خواهیم گشت، اما نخست باید راه‌مان را قدری کج کنیم (البته نه آنکه بخواهیم به بیراهه برویم!) و به سراغ کلیولند در ایالت اوهایو و مؤسسه‌ای برویم که آن روزها دانشکدهٔ علوم کاربردی کیس نامیده می‌شد. اینجا، در دههٔ ۱۸۸۰-۸۹ فیزیکدانی در نخستین سال‌های میان سالی خود به نام البرت مایکلسن به کمک دوست شیمی‌دانش ادوارد مورلی، به انجام یک رشته آزمایش پرداخت که نتایجی گیج کننده و شگفتی‌آور داشتند و پیامدهای چشمگیری برای تحولات بعد از خود برجا گذاشتند.

* پلانک در زندگی روزمره‌اش غالباً بدبیار بود. نخستین همسر محبوبش خیلی زود یعنی در سال ۱۹۰۹ درگذشت و پسر کوچکترش در جنگ اول جهانی کشته شد. او دو دختر هم داشت که شدیداً دلبستهٔ آن‌ها بود. یکی از آن‌ها به هنگام زایمان درگذشت. دختر دومش مراقبت از خواهرزاده‌اش را بر عهده گرفت و در آن ضمن عاشق شوهر خواهر متوفای خود شد. آن دو با هم ازدواج کردند و این بار، همین دختر دو سال بعد به هنگام زایمان درگذشت. در سال ۱۹۴۴ یعنی زمانی که ماکس پلانک ۸۵ ساله بود، بمبی از هواپیمای متفقین به خانه‌اش اصابت کرد و همه چیز ـ مقالات، خاطرات روزانه و حاصل یک عمر کار و تلاش ـ او را نابود کرد. سال بعد تنها پسرش در جریان یک توطئه برای قتل هیتلر دستگیر و اعدام شد.

کاری که مورلی و مایکلسُن انجام دادند ــ بی آنکه قصد آن را داشته باشند ــ تضعیف تدریجی اعتقادی دیرنده به چیزی بود که اتر روشنی بخش نام داشت و مادهای پایدار، نامریی، بیوزن، بیاصطکاک، و متأسفانه تماماً تخیلی تصور میشد که در تمام کائنات وجود دارد و پراکنده است. این اتر که وجودش توسط دکارت فرض و بیان شد، توسط نیوتن پذیرفته شد و از آن پس تقریباً توسط همگان محترم شمرده شد، در فیزیک سدهٔ نوزدهم از یک موقعیت مطلقاً محوری به عنوان روشی برای تبیین چگونگی حرکت نور در خلاء فضا برخوردار بود. بویژه در دهه ۱۸۰۰ بدان نیاز بود، زیرا نور و الکترومغناطیس در آن زمان به صورت امواج یعنی انواعی از ارتعاش دیده میشدند. ارتعاش باید در چیزی رخ دهد؛ نیاز به وجود اتر و علاقهٔ ماندگار به آن نیز از همین جا سرچشمه گرفت. ج. ج. تامسن فیزیکدان بریتانیایی، در اواخر سال ۱۹۰۹، مصرانه چنین میگفت: «اتر، چیزی تخیلی و آفریدهٔ فیلسوف کنجکاو نیست؛ ضرورتش برای ما به اندازهٔ ضرورت هوایی است که تنفس میکنیم» ــ آن هم بیش از چهار سال پس از آنکه بیهیچ چون و چرایی ثابت شد که چنین چیزی وجود ندارد. خلاصهٔ کلام آنکه مردم، خود را از هر لحاظ وابستهٔ اتر احساس میکردند.

اگر لزومی برای مجسم ساختن آمریکای سدهٔ نوزدهم به عنوان سرزمین فرصتها پیش میآمد، نمیتوانستید اصلاح چندان مهمی در زندگی البرت مایکلسن ایجاد کنید. او که در سال ۱۸۵۲ در خانوادهٔ یک بازرگان تهی دست در منطقهٔ مرزی بین آلمان و لهستان متولد شده بود، در خردسالی به همراه خانوادهاش به ایالات متحد آمریکا رفت و در یکی از ولایتهای ایالت کالیفرنیا که دستخوش جنبش هجوم به منطقهٔ طلاخیز شده بود در یک اردوگاه کارگران معدن رشد یافت. خانوادهاش در آنجا به داد و ستد منسوجات اشتغال داشت. او که توان مالی لازم برای تأمین هزینههای تحصیل در دانشگاه را نداشت، عازم واشینگتن دی سی شد، و مدتی به پرسه زدن در اطراف دروازهٔ جلویی کاخ سفید پرداخت تا شاید وقتی پرزیدنت یولیسس س. گرانت برای پیادهروی روزانه از کاخ سفید خارج میشود بتواند درکنارش قرار گیرد. (البته آن روزها مردم سادهتر و زود باورتر از امروز بودند.) در جریان این پیادهرویها مایکلسن چنان نزد رییس جمهوری آمریکا برای خودش جا باز کرد که گرانت پذیرفت امکان

تحصیل رایگان در آکادمی نیروی دریایی آمریکا را برای او فراهم آورد. در همان آکادمی بود که مایکلسن علم فیزیک را فرا گرفت.

ده سال بعد که مایکلسن به مقام استادی دانشکدهٔ کیس در کلیولند رسیده بود، به اندازه‌گیری چیزی علاقمند شد که وزش اتری ـ نوعی باد مخالف که به هنگام کشیده شدن اشیای متحرک در فضا تولید می‌شود ـ نامیده می‌شد. یکی از پیش‌بینی‌های فیزیک نیوتنی آن بود که سرعت نور هنگام حرکت در اتر، برحسب اینکه ناظر در جهت نزدیک شدن به منبع نور در حرکت قرار گرفته باشد یا درحال دور شدن از آن باشد، باید نسبت به ناظر مذکور متغیر باشد، اما هیچ کسی نتوانسته بود راهی برای اندازه‌گیری آن پیدا کند. مایکلسن متوجه شد که کرهٔ زمین نیمی از سال را به سوی خورشید حرکت می‌کند و به آن نزدیک می‌شود و نیمهٔ بعدی سال را از خورشید فاصله می‌گیرد و از آن دور می‌شود، و استدلال می‌کرد که اگر در فصل‌های مقابل هم به اندازه‌گیری‌های کاملاً دقیق دست بزنید و زمان حرکت نور بین آن دو را مقایسه کنید، پاسخ‌تان را می‌گیرید.

مایکلسن، الگزارندر گراهام بل ـ مخترع جدیداً ثروتمند شدهٔ تلفن ـ را ترغیب کرد تا ابزار ابتکاری و حساس طراحی شده توسط خود مایکلسن را که تداخل سنج نام داشت و می‌توانست سرعت نور را با دقت زیاد اندازه‌گیری کند، بسازد. سپس با کمک مورلی مهربان اما مردد، یک دورهٔ چند سالهٔ اندازه‌گیری‌های وسواسی خود را آغاز کرد. این کار بسیار ظریف و خسته کننده بود و به همین علت می‌بایست مدتی به حالت تعلیق در می‌آمد تا مایکلسُن بتواند از آشفتگی روانی مختصر اما همه جانبه‌اش بهبودی پیدا کند. اما اندازه‌گیری‌ها در سال ۱۸۸۷ به چندین نتیجه رسیدند. این نتایج، هیچ شباهتی به آنچه آن دو در انتظارش بودند نداشتند.

همچنان که کیپ س. تورن اخترفیزیکدان از دانشگاه کلتک نوشته است: «معلوم شد که سرعت نور در تمام جهات و در تمام فصول ثابت است.» در طی دویست سال ـ یعنی دقیقاً دویست سال ـ نخستین‌بار بود که معلوم می‌شد قوانین نیوتن را نمی‌شود همواره و در هر جایی به کار گرفت. به گفتهٔ ویلیام هـ کراپر، نتیجه‌ای که مایکلسن ـ مورلی گرفتند «احتمالاً به معروف‌ترین نتیجه‌گیری منفی در تاریخ علم فیزیک» تبدیل شد. مایکلسن به واسطهٔ کاری که انجام داده بود ـ نه

به واسطهٔ بیست سالی از عمرش که در این راه سپری کرده بود ـ جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت کرد. وی نخستین دانشمند آمریکایی بود که به چنین افتخاری دست می‌یافت. گذشته از این، آزمایش‌های مایکلسن ـ مورلی، همچون رایحه‌ای تند و ناخوشایند در پس اندیشهٔ علمی وجود دارد.

نکتهٔ جالب توجه این است که مایکلسن علیرغم دستاوردهایش، در آستانهٔ سدهٔ بیستم در ردیف آنانی قرار داشت که معتقد بودند کار علم تقریباً به پایان رسیده است، و به گفتهٔ یکی از نویسندگان مجلهٔ نیچر، «فقط کافی است چند مناره و سر منارهٔ تزیینی بر آن افزوده شوند و چند قبه یا قرصک تزیینی بر بامش کنده‌کاری شوند.»

البته باید توجه داشت که جهان در آستانهٔ گام نهادن در سده‌ای علمی بود که در آن بسیاری از مردم نمی‌فهمیدند و هیچ‌کس هم نبود که از همه چیز سردر آورد. در اندک زمانی، دانشمندان متوجه می‌شوند که بر امواج سرگردان عرصهٔ ذرات و ضد ذرات نشسته‌اند، که در آن همه چیز در زمانی چنان کوتاه به وجود می‌آیند و نابود می‌شوند که نانو-ثانیه زمانی خسته کننده و یکنواخت به نظر می‌رسد و در آن همه چیز عجیب و غریب است. علم تدریجاً از جهان فیزیک ذرات درشت با چیزهای قابل مشاهده، لمس‌پذیر و اندازه‌گیری کردنی خارج می‌شد و به جهان فیزیک ذرات خُرد گام می‌نهاد که در آن رویدادها با شتابی خارج از تصور ما و در مقیاس‌هایی بمراتب فراتر از قدرت تخیل ما رخ می‌دهند. بشر در آستانهٔ ورود به عصر کوانتوم قرار گرفته بود و نخستین کسی که درهای این عصر را گشود ماکس پلانک بخت برگشته و بدبیار تا آن زمان بود.

در سال ۱۹۰۰، که ماکس پلانک در مقام یک فیزیکدان نظری در دانشگاه برلین تدریس می‌کرد و به نیمه راه عمرش یعنی چهل و دو سالگی رسیده بود، «نظریهٔ کوانتوم» جدید را مطرح ساخت که در آن فرض می‌شد انرژی، چیزی پیوسته مانند آب روان نیست بلکه به صورت بخش‌ها یا مجموعه‌های مجزایی از راه می‌رسد که او بدان‌ها عنوان کوانتا داد. این، یک مفهوم نو و مفهومی بسیار خوب بود. در کوتاه مدت، به پیدا کردن راه حلی برای معمای آزمایش‌های مایکلسن ـ مورلی کمک کرد، بدین معنی که نشان داد نور اصولاً و الزاماً نباید موج باشد. در بلند مدت، شالودهٔ کل فیزیک نوین را پی‌افکند. به هر حال،

نخستین سرنخی بود که از تغییر قریب‌الوقوع جهان حکایت می‌کرد.

اما واقعهٔ دوران‌ساز ــ طلوع عصر جدید ــ در سال ۱۹۰۵ یعنی زمانی رخ داد یک کارمند جوان سویسی بدون هیچ‌گونه وابستگی به دانشگاه‌ها، بدون هیچ‌گونه دسترسی به آزمایشگاه‌ها، و استفادهٔ منظم از کتابخانه‌ای که از حد کتابخانهٔ ادارهٔ ثبت اختراعات در برلین بزرگتر نبود و خودش نیز به عنوان ممتحن فنی درجه ۳ در آن استخدام شده بود، به انتشار یک رشته مقاله در مجلهٔ آلمانی *Annalen der Physik* (سالنامهٔ فیزیک) در زمینهٔ علم فیزیک دست زد. (درخواست او برای ارتقا به مقام ممتحن درجه ۲، اندکی قبل رد شده بود.)

این کارمند جوان اینشتین نام داشت و در همان سال پرماجرا پنج مقاله به مجلهٔ سالنامهٔ فیزیک تحویل داد که از آن میان سه مقاله به گفتهٔ چارلز پرسی اسنو، از جملهٔ «بزرگترین مقالات تاریخ فیزیک به شمار می‌رفتند» ــ یکی در بررسی اثر فتوالکتریک به کمک نظریهٔ کوانتوم جدید ماکس پلانک، دومی دربارهٔ رفتار ذرات کوچک در حالت معلق (معروف به حرکت براونی)، و سومی چکیده‌ای از یک نظریهٔ نسبیت خصوصی.

مقالهٔ نخست، که جایزهٔ نوبل را نصیب اینشتین کرد، به تبیین ماهیت نور اختصاص داشت (و از جمله نتایج آن می‌توان به امکان‌پذیر شدن ساخت تلویزیون اشاره کرد).* مقالهٔ دوم ثابت کرد که اتم عملاً وجود دارد ــ واقعیتی که با کمال تعجب، سابقاً تردیدهایی در آن ابراز شده بود. مقاله سوم، به تغییرات بنیادی در جهان انجامید.

---

* از اینشتین، تا حدودی گنگ «به واسطهٔ خدماتش به فیزیک نظری» ستایش به عمل آمد. او برای دریافت جایزه‌اش شانزده سال منتظر ماند، یعنی تا سال ۱۹۲۱ ــ که از هر جهت مدتی به راستی طولانی است، اما در مقایسه با فردریک راینس که در سال ۱۹۵۷ نوترینو را ردیابی ولی تا سال ۱۹۹۵ یعنی تا ۳۸ سال بعد جایزهٔ نوبل نصیبش نشد، یا ارنست روسکا دانشمند آلمانی که میکروسکپ الکترونی را در سال ۱۹۳۲ اختراع کرد ولی جایزهٔ نوبل را در سال ۱۹۸۶ یعنی بیش از نیم قرن پس از اختراع خود گرفت، خیلی طولانی نبود. از آنجا که جایزهٔ نوبل هیچ‌گاه پس از مرگ به کسی داده نمی‌شود، عمر طولانی می‌تواند به اندازهٔ خود خلاقیت و اختراع یا اکتشاف برای برندگان این جایزه اهمیت داشته باشد.

اینشتین در سال ۱۸۷۹ در اولم از شهرهای جنوبی آلمان چشم به جهان گشود ولی در مونیخ پرورش یافت و بزرگ شد. در نخستین سال‌های زندگی‌اش هیچ اثری از اینکه او در آینده به انسانی بزرگ تبدیل خواهد شد دیده نمی‌شد. معروف است که تا سه سالگی زبان به سخن گفتن نگشود. در اواخر دههٔ ۱۸۹۰ با ورشکست شدن شرکت پدرش در زمینهٔ برق، خانوادهٔ اینشتین عازم میلان شد اما اینشتین که به سن نوجوانی رسیده بود برای ادامهٔ تحصیلات به سویس رفت ـ هر چند در اولین تلاش برای ورود به دانشگاه در امتحانات قبول نشد. در سال ۱۸۹۶ برای آنکه به خدمت سربازی نرود از تابعیت آلمانی خود دست برداشت و در یک دورهٔ چهار ساله که برای ترتیبت معلم مدارس علمی طراحی شده بود وارد انستیتوی پلی تکنیک زوریخ شد. او در این انستیتو، یک دانشجوی درخشان بود ولی برجسته نبود.

در سال ۱۹۰۰ فارغ‌التحصیل شد و به فاصلهٔ چند ماه پس از آن به نوشتن مقاله برای مجلهٔ سالنامهٔ فیزیک پرداخت. نخستین مقاله‌اش که در زمینهٔ فیزیک سیالات در نی‌های نوشابه (همه چیز) نوشته شده بود در همان شمارهٔ مجله‌ای که مقالهٔ نظریهٔ کوانتوم پلانک را منتشر کرده بود انتشار یافت. از سال ۱۹۰۲ تا ۱۹۰۴ یک رشته مقاله در زمینهٔ مکانیک آماری نوشت اما خیلی زود متوجه شد که ج. ویلارد گیبز آرام اما پرکار نیز همین کار را در سال ۱۹۰۱ در کتاب اصول اولیهٔ مکانیک آماری انجام داده بود.

در همان دوره، عاشق یک دختر مجار به نام میلوا ماریتس شد که با او همکلاس بود. در سال ۱۹۰۱ پیوند بین آن دو به تولد دختری انجامید که بی سر و صدا به پرورشگاه سپرده شد تا شاید کسی او را به فرزند خواندگی بپذیرد. دو سال پس از این واقعه، اینشتین و ماریتس با هم ازدواج کردند. در این ضمن، اینشتین، در ادارهٔ اختراعات سویس استخدام شد و تا هفت سال بعد در همان جا کار کرد. او از این کار لذت می‌برد: این شغل چالش‌های کافی برای فعال کردن ذهن اینشتین را برایش فراهم می‌ساخت، اما نه آن قدرها که بتواند او را از پرداختن به علم فیزیک باز دارد. با یک چنین زمینه‌ای بود که اینشتین در سال ۱۹۰۵ نظریهٔ نسبیت خصوصی را تدوین کرد.

این نظریه که «دربارهٔ الکترودینامیک اجسام متحرک» نامید می‌شود یکی از

خارق‌العاده‌ترین مقالات علمی است که تاکنون در جهان انتشار یافته است، چه از لحاظ چگونگی ارائهٔ مطلب و چه از لحاظ آنچه در آن بیان می‌شود. اثری از پانوشت یا نقل قول در آن نبود، تقریباً هیچ اشاره‌ای به ریاضیات نداشت، از هیچ کتابی به عنوان اثر مؤثر در نویسنده یا انتشار یافته در سال‌های پیشتر نام نبرده بود، و فقط از کمک‌های یک نفر یعنی دوستی به نام میشله بسو در اداره ثبت اختراعات تشکر کرده بود. چارلز پرسی اسنو می‌نویسد: «به نظر می‌رسید که اینشتین به صرف تفکر ناب، بدون کمک دیگران و بدون گوش دادن به عقاید دیگران این کار را انجام داده بود. تاحدی باور نکردنی و حیرت‌آور، بایدگفت که او به راحتی چنین کرده بود.»

معادلهٔ معروف $E = mc^2$ او همراه این مقاله منتشر نشد بلکه در ضمیمه‌ای کوتاه انتشار یافت که چند ماه پس از آن تاریخ در اختیار خوانندگان قرار گرفت. همچنان که از سال‌های تحصیل در مدرسه به یاد دارید، $E$ در این مقاله به معنی انرژی *(energy)*، $m$ به معنی جِرم *(mass)* و $c^2$ به معنی سرعت نور به توان دو است.

به زبان ساد، آنچه معادله می‌خواهد بگوید این است که جِرم و انرژی، یک هم ارز (equivalence) دارند. آن‌ها دو شکل از یک چیز ثابت هستند: انرژی، مادهٔ آزاد شده است؛ ماده، انرژی در انتظار رخ دادن است. چون $c^2$ (سرعت نور ضربدر خودش) یک عدد حقیقتاً بزرگ است، آنچه این معادله می‌خواهد بگوید آن است که مقدار کلانی ـ مقدار حقیقتاً کلانی ـ از انرژی در هر شیء مادی به صورت مهار شده وجود دارد.*

شما شاید خودتان را فردی قوی بنیه ندانید، ولی اگر بزرگسالی با اندام‌های متوسط باشید در درون اسکلت بدن‌تان حداکثر $۷ \times ۱۰^{۱۸}$ ژول انرژی بالقوه را نگهداری خواهید کرد ـ که برای انفجاری با قدرت سی بمب خیلی بزرگ هیدروژنی کفایت می‌کند، البته با این فرض که شما طرز آزاد ساختن آن را

* اینکه c چگونه نماد سرعت نور شد، خود چیزی اسرارآمیز است، اما دیوید بودانیس می‌گوید به احتمال زیاد حرف نخست واژه لاتینی *Celeritas* به معنی تندی و شتاب بوده است. در فرهنگ لغت انگلیسی آکسفرد که ده سال پیش از انتشار نظریهٔ اینشتین منتشر شد، حرف *c* به عنوان نماد خیلی چیزها از کربن گرفته تا کریکت معرفی شده است اما هیچ اشاره‌ای به آن به عنوان نماد نور یا سرعت و شتاب نمی‌شود.

می‌دانید و واقعاً چنین کاری را ضروری می‌شمارید. درون هر چیزی، این‌گونه انرژی به صورت مهار شده یا در دام افتاده وجود دارد. حتی بمب اورانیومی ـ پر انرژی‌ترین چیزی که بشر تاکنون تولید کرده است ـ کمتر از یک درصد آن انرژی‌یی را آزاد می‌سازد که اگر ما اندکی هوشمندتر از این می‌بودیم می‌توانست آزاد سازد.

در نظریهٔ اینشتین، از جمله مواردی که تبیین می‌شود، چگونگی عملکرد تشعشعات است: یک تکه اورانیوم چگونه می‌تواند جریان‌های پیوسته‌ای از انرژی را از خود صادر کند بدون آنکه مثل یک تکه یخ آب نشود. (این کار را به اتکای تبدیل جرم به انرژی به طرزی کارآمد و برطبق فرمول $E=mc^2$ انجام می‌دهد.) این نظریه به ما می‌آموزد که ستارگان چگونه می‌توانند میلیاردها سال بسوزند بی آنکه سوخت‌شان به پایان برسد. (ایضاً.) اینشتین، در یک آن و در قالب یک فرمول ساده، خیال زمین‌شناسان و اخترشناسان را از کاوش در آن میلیاردها سال راحت کرد. بویژه آنکه نظریهٔ نسبیت خصوصی نشان داد که سرعت نور ثابت و منتها درجهٔ سرعت است. هیچ چیزی نمی‌تواند از سرعت نور جلو بیفتد. این نظریه، ما را (بی آنکه قصد بازی با الفاظ در میان باشد، دقیقاً) با ژرفای شناخت ماهیت کائنات آشنا ساخت. همچنین، مسألهٔ اتر نورافشان را نیز با اثبات اینکه چنین چیزی وجود ندارد حل کرد. اینشتین کائناتی را در برابر دیدگان ما قرارداد که نیازی به اتر نداشت.

فیزیکدان‌ها طبق معمول چندان توجهی به اظهارات کارمندان ادارهٔ ثبت اختراعات سویس یا امثال ایشان نمی‌کنند و به همین دلیل، مقاله‌های اینشتین نیز علیرغم خوش خبر بودن‌شان، توجه چندانی را به خود جلب نکردند. اینشتین پس از آنکه اندکی قبل چندین مسالهٔ از اسرار ژرف کائنات را حل کرد، برای استخدام در دانشگاه و کار در مقام استادی اقدام کرد ولی درخواستش رد شد، سپس تصمیم گرفت در دبیرستان تدریس کند، که این بار نیز با تقاضایش موافقت نشد. اینشتین مجبور شد به سراغ همان شغل ممتحنی درجه سومی قبلی‌اش برود، البته همچنان در اندیشهٔ تغییر شغل بود. کار اینشتین به پایان خود حتی نزدیک نشده بود.

یک بار وقتی پل والری شاعر از اینشتین در مورد نگهداشتن دفتری برای ثبت

اندیشه‌هایش سؤال کرد، اینشتین با حیرتی آرام اما معنی‌دار به او چشم دوخت. در پاسخ گفت: «اوه، نیازی به آن نیست. خیلی کم پیش آمده است که چنین دفتری داشته باشم.» نیازی به گفتن ندارد که وقتی اینشتین چنین دفتری را تهیه کرد، معلوم شد خیلی ضروری و مفید است. اندیشهٔ بعدی اینشتین، یکی از بزرگترین اندیشه‌های بشر ـ و به گفتهٔ بورس، موتس، و ویور در کتاب اندیشمندانهٔ مشترکشان دربارهٔ تاریخ علم اتم، عملاً بزرگترین اندیشهٔ بشر ـ بود. این سه نوشته‌اند: «این اندیشه به عنوان آفریدهٔ یک ذهن واحد، بدون تردید عالی‌ترین دستاورد فکری بشریت به شمار می‌رود،» که هیچ عبارتی گویاتر از این نیز نمی‌توان در ستایش از اینشتین به زبان آورد.

برخی از محققان نوشته‌اند که اینشتین در سال ۱۹۰۷ یا در همان حدود، کارگری را دید که از پشت بام بر زمین افتاد، و همین او را به اندیشیدن دربارهٔ گرانش برانگیخت. به گفتهٔ خود اینشتین وقتی مسأله گرانش به ذهنش خطور کرد جایی روی یک صندلی نشسته بوده است.

واقعیت آن است که آنچه به ذهن اینشتین خطور کرد چیزی همانند مقدمات حل مسألهٔ گرانش بود زیرا از همان ابتدای کار برایش روشن شده بود که یک جنبهٔ ناقص در نظریهٔ نسبیت خصوصی، همین گرانش است. آنچه در نظریهٔ نسبیت خصوصی جنبهٔ «خصوصی» یا ویژه داشت این بود که این نظریه با اشیایی سر و کار پیدا می‌کرد که اساساً بدون برخورد به هیچ مانعی به حرکت خود ادامه می‌دادند. اما اگر یک شیء در حال حرکت ـ بویژه نور ـ به مانعی مانند گرانش برخورد کند چه خواهد شد؟ این پرسشی بود که ذهن او را در یک دورهٔ تقریباً ده ساله به خود مشغول کرد و در اوایل سال ۱۹۱۷ به انتشار مقاله‌ای با عنوان «ملاحظات کیهان شناختی دربارهٔ نظریهٔ نسبیت عمومی» انجامید. البته انتشار نظریهٔ نسبیت خصوصی در سال ۱۹۰۵ اقدامی اساسی و مهم بود، ولی همچنان که چارلز پرسی اسنو گفته است، اگر اینشتین در آن سال به این مسأله نیندیشیده بود به احتمال زیاد دانشمندی دیگر تا پنج سال بعد به آن نتیجه می‌رسید؛ این اندیشه، آمادهٔ کشف و اعلام شدن بود. اما نظریهٔ نسبیت عمومی، بر روی هم چیزی دیگر بود. اسنو در سال ۱۹۷۹ نوشت: «بدون این نظریه، می‌توان احتمال داد که ما حتی امروز می‌بایست به انتظار طرح آن می‌نشستیم.»

اینشتین با آن پیپ، رفتار فروتنانه، و موی حاکی از هیجان‌زدگی‌اش، شخصیتی چنان عالی داشت که دایماً در گمنامی نمی‌ماند، و در سال ۱۹۱۹ به دنبال پایان جنگ جهانی اول، دنیا ناگهان او را کشف کرد. نظریه‌های نسبیت او، تقریباً در یک آن، به عنوان نظریه‌هایی که درک‌شان برای انسان عادی غیرممکن است شهرت یافتند. همچنان که دیوید بودانیس در کتاب ارزشمند $E = mc^2$ متذکر می‌شود، وقتی مجلهٔ نیویورک تایمز تصمیم گرفت این نظریه‌ها را در قالب داستان برای خوانندگانش تشریح کند، و ــ به دلایلی که هیچ‌گاه از شگفتی شنوندگان نمی‌کاهد ــ هنری کراوچ خبرنگار رشتهٔ گلف مجله را برای انجام مصاحبه‌ای به نزد اینشتین فرستاد، کمکی به حل مشکل نکرد.

متأسفانه کراوچ خیلی کودن و از مرحله پرت بود و تقریباً همهٔ توضیحات اینشتین را غلط گزارش کرد. از جمله اشتباهات ماندگار او در گزارش مذکور ادعایی بود که در آن گفته می‌شد اینشتین ناشری پیدا کرده است که از جرأت کافی برای انتشار کتابی که فقط دوازده نفر «در کل جهان می‌توانند از آن سر درآورند» برخوردار است. چنین کتابی، چنین ناشری، یا چنین محفلی از انسان‌های فرزانه در میان نبود، اما اندیشهٔ بیان شده بر سر زبان‌ها افتاد. در تصورات عامیانه، تعداد افرادی که می‌توانستند نظریهٔ نسبیت را درک کنند، از آن هم کمتر شده بود ــ و البته سازمان‌های علمی نیز چندان اقدامی برای برهم زدن این اسطوره به عمل نمی‌آوردند.

وقتی یک روزنامه‌نگار از سر آرثر ادینگتن اخترشناس بریتانیایی پرسید آیا حقیقت دارد که وی یکی از سه نفری است که در این کرهٔ خاکی توانسته‌اند نظریه‌های نسبیت اینشتین را درک کنند، ادینگتن لحظه‌ای عمیقاً به فکر فرو رفت و سپس چنین پاسخ داد: «خیلی تلاش دارم ببینم نفر سوم کیست.» به بیان دقیق‌تر، مشکل نظریهٔ نسبیت آن نبود که با انبوهی از معادلات دیفرانسیل، تبدیل‌های لورنتس، و دیگر شکل‌های پیچیدهٔ ریاضیات همراه بود (گرچه چنین بود ــ و حتی خود اینشتین در پاره‌ای موارد از این و آن کمک می‌گرفت)، بلکه آن بود که به شکلی بسیار همه جانبه غیرشهودی بود.

در اصل، آنچه در نظریه‌های نسبیت گفته می‌شود این است که فضا و زمان نسبت به ناظر و خود شیئی که مشاهده می‌شود مطلق نیستند، و هر قدر بر

سرعت شیء افزوده شود این تاثیرات نیز همان قدر برجسته‌تر می‌شوند. ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم سرعت‌مان را آن قدر زیاد کنیم که به سرعت نور برسد، و در این کار هر قدر بر تلاش‌مان بیفزاییم (و تندتر حرکت کنیم)، نسبت به یک ناظر خارجی، همان قدر بیشتر تغییر شکل خواهیم داد.

در یک زمان خاص، انتشار دهندگان مطالب علمی برای عموم، بر آن شدند که راه‌هایی برای قابل فهم کردن این مفاهیم برای عامهٔ کتاب‌خوان پیدا کنند. یکی از مؤفق‌ترین تلاش‌ها دست کم از لحاظ بازاری ـ کتاب الفبای نسبیت اثر برتراند راسل ریاضی‌دان و فیلسوف انگلیسی بود. در این کتاب، راسل تصویری را به کار گرفته است که از آن پس بارها به کار گرفته شد. او از خواننده می‌خواهد قطاری را مجسم سازد که طولش ۱۰۰ یارد است و با سرعتی معادل ۶۰ درصد سرعت نور حرکت می‌کند. در نظر شخصی که روی سکو ایستاده و عبور قطار را مشاهده می‌کند، طول قطار فقط به اندازهٔ ۸۰ یارد به نظر می‌رسد و تمام چیزهای موجود در آن نیز به همین نسبت فشرده می‌شوند. اگر بتوانیم صدای صحبت کردن مسافران قطار را بشنویم، جویده و درهم و کُند به گوش‌مان خواهد رسید، درست مانند صدای حاصل از نواری که با سرعت کم در دستگاه پخش صوت به حرکت درآمده باشد، و حرکات خود مسافران نیز به همین طریق کُند و سنگین به نظر خواهد رسید. حتی ساعت‌های موجود در قطار نیز به نظر خواهد رسید که با چهار پنجم سرعت عادی خود کار می‌کنند.

اما ـ و نکته در همین‌جا است ـ مسافران داخل قطار، این تغییر شکل‌ها را به هیچ وجه احساس نمی‌کنند. از دید آن‌ها، هر آنچه در قطار است، عادی به نظر می‌رسد. ما که در سکو ایستاده‌ایم توسط آن‌ها به طرز عجیبی فشرده و دارای حرکت کُند دیده خواهیم شد. بنابراین، کل مسأله به وضعیت ناظر نسبت به شیء در حال حرکت مربوط می‌شود.

این اثر، عملاً هر بار که ما حرکت می‌کنیم اتفاق می‌افتد. اگر از این سوی ایالات متحد آمریکا به آن سوی این کشور پرواز کنید، به فاصلهٔ چند زیلیونیم ثانیه یا چیزی در همین حدود، جوانتر از کسانی که در نقطهٔ شروع پرواز دیدید از هواپیما پیاده می‌شوید. حتی هنگام رفتن از یک سوی اتاق به سوی دیگر، تجربه‌ای را که از زمان و فضا دارید به طرزی بسیار جزیی دگرگون خواهید

ساخت. محاسبه کرده‌اند که هرگاه یک توپ بیسبال با سرعت صد مایل در ساعت پرتاب شود، در مسیر حرکت به سوی صفحهٔ پنج ضلعی پایگاه اصلی، معادل ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ گرم بر جرمش افزوده می‌شود. بنابراین، اثرات نسبیت، واقعی هستند و اندازه‌گیری شده‌اند. مشکل اینجا است که تغییرات مذکور به قدری کوچک و جزیی هستند که باعث نمی‌شوند ما کوچکترین تغییر قابل ردیابی را در آن‌ها احساس کنیم یا متوجه وجودش شویم. اما همین تغییرات در مورد سایر چیزهای موجود در کائنات ـ نور، گرانش، خود کائنات ـ مسایلی بسیار مهم به شمار می‌روند.

بنابراین، اگر اندیشه‌های نسبیت عجیب و غریب به نظر می‌رسند صرفاً به این علت است که ما اندرکنش‌هایی از این قبیل را در زندگی عادی خود تجربه نمی‌کنیم. لیکن، باز به گفتهٔ بودانیس، ما معمولاً با دیگر انواع نسبیت ـ مثلاً در ارتباط با صدا ـ روبه رو می‌شویم. اگر در حال قدم زدن در یک پارک باشید و شخصی دیگر در همان پارک صدای موسیقی را بلند کرده باشد، می‌دانید که هر قدر بر فاصلهٔ شما از منبع صدا افزوده شود، موسیقی ملایم‌تر و آرام‌تر به گوش‌تان خواهد رسید. البته این بدان معنی نیست که موسیقی آرام‌تر شده است بلکه بدین معنی است که مکان شما نسبت به آن تغییر یافته است. برای چیزی که به علت خیلی کوچک یا خیلی کُند بودنش این تجربه را نمی‌توان در موردش تکرار کرد ـ مانند یک حلزون ـ این فکر که یک جعبهٔ تولید صدای غرش‌آسا می‌تواند چنین به نظر برسد که صدایی با دو بلندی متفاوت برای دو ناظر تولید می‌کند، ممکن است باور کردنی نباشد.

چالش انگیزترین و غیر شهودی‌ترین مفهوم در نظریهٔ نسبیت عمومی، این اندیشه است که می‌گوید زمان جزیی از فضا است. ما به طور غریزی، زمان را ابدی، مطلق و تغییرناپذیر تلقی می‌کنیم ـ هیچ چیزی نمی‌تواند لحظه‌های پیوستهٔ آن را برهم زند. به بیان دقیق‌تر، زمان از دیدگاه اینشتین، تغییرپذیر و دایماً در حال تغییر است. زمان، حتی شکل دارد. به گفتهٔ استیفن هاوکینگ، در قالب بُعدی شگفتی‌آور به نام فضا ـ زمان با سه بعد فضا نیز به «شکلی درهمبافته» پیوند خورده است.

تبیین فضا ـ زمان غالباً به این شکل انجام می‌گیرد که از خواننده خواسته می‌شود چیزی تخت اما نرم و انعطاف‌پذیر ـ مانند یک تشک یا صفحهٔ لاستیکی

کشیده شده ــ را در نظر مجسم سازد که روی آن یک جسم سنگین کروی، مانند یک گوی آهنی قرار گرفته است. سنگینی گوی آهنی باعث می‌شود که آن تشک یا صفحهٔ لاستیکی، کشیده‌تر شود و اندکی گود بیفتد. این، تا حدودی به تأثیر جسمی سنگین مانند خورشید (گوی آهنی) بر فضا ـ زمان (تشک یا صفحهٔ لاستیکی) شباهت دارد: گوی، سطح زیرین خود را کشیده‌تر می‌کند، خم می‌کند و تاب‌دار می‌کند. حال اگر گوی آهنی کوچکتری را از یک طرف صفحه به حرکت درآورید بر طبق قوانین حرکت نیوتن می‌کوشد در خطی مستقیم پیش برود، اما با نزدیک‌تر شدن به شیء سنگین و شیب سطح تورفتگی پیدا کرده، چون به ناگزیر به سمت جسم سنگین‌تر کشیده می‌شود و رو به پایین می‌غلتد. این، همان گرانش ــ یا نتیجهٔ خمیدگی فضا ـ زمان ــ است.

هر جسمی که جرم داشته باشد، فرورفتگی اندکی در بافت کیهان ایجاد می‌کند. بدین ترتیب، کائنات همچنان که دنیس اووربای گفته است، «آخرین تشک گود افتاده» است. گرانش از این دیدگاه، آنقدرها که یک معلول است، علت نیست ــ «نه یک نیرو، بلکه محصول جانبی تاب برداشتن فضا ـ زمان» به گفته میچیو کاکوی فیزیکدان است. کاکو می‌افزاید: «گرانش، به یک معنی وجود ندارد؛ آنچه سیارات و ستارگان را به حرکت در می‌آورد، تغییر شکل فضا و زمان است.»

البته مثال تشک گود افتاده می‌تواند ما را فقط تا آن حد جلو ببرد زیرا شامل اثر زمان نمی‌شود. اما ذهن بشر نیز می‌تواند وی را تا همانجا هدایت کند زیرا مجسم ساختن بُعدی متشکل از سه قسمت فضا به نسبت یک قسمت زمان، آنهم درهم بافته همچون تار و پود یک پارچهٔ پیچازی، کاری در حد غیرممکن است. به هر حال، به گمانم می‌توان یک نکته را پذیرفت که طرح چنین چیزی توسط جوانی که از پشت پنجرهٔ ادارهٔ ثبت اختراعات پایتخت کشور سویس به آلمان خیره شده است، اقدام و اندیشه‌ای بس بزرگ بود.

از جمله مسایل گوناگون مطرح شده در نظریهٔ نسبیت عمومی اینشتین می‌توان به این نکته اشاره کرد که می‌گوید کائنات یا در حال گسترش است یا در حال انقباض. ولی اینشتین کیهان‌شناس نبود، و این فرض رایج و غالب را می‌پذیرفت

که کائنات را ثابت و ابدی می‌پندارد. او به شکلی بیش و کم انعکاسی، چیزی را وارد معادلات خود کرد که ثابت کیهان‌شناختی نامیده می‌شود، که به طور اتفاقی موجب تعادل در اثرات گرانش شد و همانند یک دکمهٔ ایست ریاضی عمل کرد. در کتاب‌های مربوط به تاریخ علم، معمولاً از این خطای اینشتین چشم‌پوشی می‌شود ولی همین کار، جزء نسبتاً اسفناکی از علم بود و خود اینشتین نیز بر آن وقوف داشت. او خودش این را «بزرگ‌ترین اشتباه زندگی‌ام» نامید.

از قضا، تقریباً در همان زمانی که اینشتین دست‌اندرکار وصل کردن یک ثابت کیهان‌شناختی به نظریهٔ خود بود، در رصدخانهٔ لاول در آریزونا، اخترشناسی با نام نشاط بخش و میان کهکشانی وستو اسلیفر (که در اصل از ایالت ایندیانا به آنجا آمده بود) به ثبت نتایج تجربهٔ طیف نگاشتی از ستارگان دوردست اشتغال داشت و متوجه شد که گویا ستارگان مزبور از ما دور می‌شوند. کائنات ثابت نبود. در ستارگانی که اسلیفر رصد می‌کرد، نشانه‌های تردیدناپذیر یک جابجایی دوپلری* دیده می‌شد ـ همان صدای کشیده و آشنای یی-یوم اتومبیل‌های پر شتاب در مسابقات اتومبیل رانی. این پدیده در مورد نور نیز صدق می‌کند و در مورد کهکشان‌های عقب نشینی کننده، با عنوان حرکت به سوی قرمز شناخته می‌شود (زیرا نوری که از ما دور می‌شود به طرف انتهای قرمز طیف انتقال پیدا می‌کند؛ نوری که به ما نزدیک می‌شود به طرف آبی انتقال پیدا می‌کند).

اسلیفر نخستین دانشمندی بود که متوجه این اثر در نور شد و به اهمیت آن برای درک حرکات کیهان پی برد. متأسفانه دیگران چنانکه باید و شاید متوجه کار او نشدند. رصدخانهٔ لاول، همچنان که به یاد دارید، به علت شیفتگی خاص پرسیوال لاول به کانال‌های مریخ، به صورت یک مرکز استثنایی درآمد و در دههٔ ۱۹۱۰ از هر جهت به یک پایگاه مهم اخترشناسی تبدیل شد. اسلیفر اطلاعی از

---

* به نام یوهان کریستیان دوپلر فیزیکدان اتریشی که نخستین بار در سال ۱۸۴۲ متوجه این اثر یا جابجایی شد. به عبارت مختصر، آنچه رخ می‌دهد این است که همزمان با نزدیک شدن یک شیء متحرک به یک شیء ثابت، امواج صدای آن به محض برخورد با هر دستگاه دریافت کنندهٔ آن‌ها (مانند گوش انسان)، درهم فشرده می‌شوند، درست مانند هر چیزی که از پشت بر آن فشار آوریم تا در جهت یک شیء ثابت به جلو برود. این درهم فشردگی صدا به صورت یک صدای زیر از دور دست به گوش می‌رسد (صدای یی). با عبور منبع صدا، امواج پخش و طولانی‌تر می‌شوند و به افت ناگهانی صدای زیر می‌انجامند (صدای یوم).

نظریه نسبیت اینشتین نداشت، و جهانیان نیز از وجود اسلیفر بی‌اطلاع بودند. به همین علت، کشف او در هیچ جایی مؤثر واقع نشد.

در عوض، افتخار نصیب موجودی خودبین و درشت هیکل به نام ادوین هابل شد. هابل در سال ۱۸۸۹ یعنی ده سال پس از اینشتین، در یکی از شهرک‌های ایالت میسوری بر حاشیهٔ کوه‌های اوزارک چشم به جهان گشود، در آنجا و در شهر ویتن از توابع شیکاگو در ایالت ایلینویز پرورش یافت. پدرش از کارمندان موفق ادارهٔ بیمه بود و به همین علت، ادوین همیشه از یک زندگی مرفه برخورار بود و ثروت مادی کافی نیز در اختیار داشت. ورزشکاری تنومند و با استعداد، بی‌نهایت خوش سیما، تیزهوش و زیبا بود ـ به گفتهٔ ویلیام هـ کراپر «تقریباً از سر تا پا زیبا بود» و به گفتهٔ یک ستایشگر دیگر: «یک آدونیس» بود. بر طبق نوشته‌ها و خاطرات خودش توانسته بود چندین افتخار کم و بیش ثابت دیگر بر زندگی‌اش بیفزاید ـ نجات دادن غریق‌ها، رساندن سربازهای وحشت‌زده به نقاط امن در میدان‌های نبرد فرانسه، به هراس انداختن قهرمانان مشت‌زنی جهان با ضربه‌های ناک‌دان در مسابقات نمایشی. همهٔ اینها به نظر می‌رسد که درست بوده باشد. چنین هم بود. هابل با تمام استعدادهای گوناگونش، یک دروغ‌گوی کهنه کار هم بود.

هر آنچه بود، اندکی استثنایی بود زیرا زندگی هابل از نخستین سال‌های عمرش با درجه‌ای از برجستگی همراه بود که گاهی به طرز مضحکی نوید بخش می‌شد. در یک مسابقهٔ دو و میدانی دورهٔ دبیرستان که در سال ۱۹۰۶ برگزار شد او در پرش با نیزه، پرتاب وزنه، دیسک، پرتاب چکش، پرش ارتفاع بدون دورخیز، و پرش ارتفاع با دورخیز برنده شده و در تیم دو امدادی ۱۵۰۰ متر برنده نیز عضویت داشت ـ یعنی در یک مسابقه به هفت مقام نخست دست یافت ـ و در پرش طول به مقام سوم رسید. در همان سال، در مسابقات پرش ارتفاع در ایالت ایلینویز به مقام نخست دست یافت.

در مقام دانشمند نیز به همان اندازه پرکار بود و به راحتی برای مطالعهٔ فیزیک و اخترشناسی در دانشگاه شیکاگو پذیرفته شد (که از قضا آلبرت مایکلسن به ریاست دپارتمان فیزیک در آن رسیده بود). در آنجا به عنوان یکی از نخستین محققان دریافت کنندهٔ بورسیهٔ سسیل ج. رودس برای تحقیق در

دانشگاه آکسفرد برگزیده شد. سه سال زندگی انگلیسی، ظاهراً از او یک انسان مغرور ساخت، چون در سال ۱۹۱۳ به شهر ویتن بازگشت در حالی که یک ردای اینورنس پوشیده بود، پیپ می‌کشید، و با لحنی چنان مطنطن حرف می‌زد ــ نه تماماً بریتانیایی بلکه نه تماماً غیر بریتانیایی ــ که تا پایان عمرش با او بود. او با آنکه بعدها مدعی شد که بخش بزرگی از دومین دههٔ سدهٔ بیستم را به کار وکالت در کنتاکی گذرانده بود، عملاً در یک دبیرستان تدریس می‌کرد و پیش از آنکه درجهٔ دکترای خود را پس از سال‌ها تأخیر دریافت کند و مدتی هم در ارتش خدمت کند، در نیو البنی از ایالت ایندیانا مربی بسکتبال بود. (یک ماه پیش از ترک مخاصمه در جنگ اول جهانی وارد فرانسه شد و مطمئناً صدای غرش یک گلوله هم به گوشش نرسید.)

در سال ۱۹۱۹، ادوین هابل سی ساله بـه کـالیفرنیا رفت و در رصـدخانهٔ ماونت ویلسن در نزدیکی لس آنجلس به کار مشغول شد. خیلی سریع و خارج از حد انتظار اطرافیانش، به مقام برجسته‌ترین اخترشناس سدهٔ گذشته رسید.

در اینجا شایسته است لحظه‌ای درنگ کنیم و ببینم چـه بـخش انـدکی از کیهان در این زمان شناخته شده بود. اخترشناسان امروزی مـعتقدند کـه تـعداد کهکشان‌های موجود در بخش قابل رؤیت کائنات به ۱۴۰ میلیارد می‌رسد. این، رقمی بی‌نهایت بزرگ است، بمراتب بزرگتر از صرف به زبان آوردن آن به قصد تصورکردنش. اگر کهکشان‌ها به صورت نخودهای منجمد می‌بودند، با این تعداد نخود می‌شد که یک تالار اجتماعات عظیم ــ مانند تالار قدیمی باستن گاردن یا تالار رویال آلبرت هال ــ را پرکرد. (یک اختر فیزیکدان به نام بروس گرگوری نیز این احتمال را عملاً محاسبه کرده است.) در سال ۱۹۱۹ یعنی زمانی کـه هـابل نخستین بار پشت عدسی چشمی نشست و به نظاره پرداخت تعداد کهکشان‌های شناخته شده برای انسان، دقیقاً یک کهکشان بود: کهکشان راه شیری، هر چیز دیگر را یا جزیی از خود کهکشان راه شیری تصور می‌کردند یا یکی از انبوهه‌های پرشمار گازهای دوردست و محیطی می‌دانستند. هابل خیلی زود اثبات کرد که این تصور تا چه اندازه اشتباه بوده است.

در دههٔ بعد، هابل حل دو مسألهٔ اساسی کائنات را در برنامهٔ کار خود قرار داد: چه زمانی از عمر کائنات می‌گذرد و ابعاد آن تا کجا امتداد دارد؟ برای پاسخ

به این دو پرسش لازم است دو چیز را بدانیم ـ برخی از کهکشان‌ها در چه فاصله‌ای از ما واقع شده‌اند و با چه سرعتی از ما فرار می‌کنند (پدیدهٔ معروف به سرعت پس نشینی). پدیدهٔ انتقال به قرمز، سرعت پس نشینی یا دور شدن کهکشان‌ها را مشخص می‌سازد اما نمی‌گوید این کهکشان‌ها در چه فاصله‌ای از ما واقع شده‌اند. بدین منظور، به «شمع‌های استاندارد» ـ ستارگانی که درخشش‌شان را می‌توان به طرزی اطمینان بخش محاسبه کرد و به عنوان نشان ترازیابی برای اندازه‌گیری درخشش (و نتیجتاً فاصلهٔ نسبی) ستارگان دیگر مورد استفاده قرارداد ـ نیاز داریم.

از بخت خوش هابل، اندکی بعد، زنی مبتکر به نام هنرییتا سوان لیویت، راهی برای این منظور یافته بود. لیویت در رصدخانهٔ کالج هاروارد کار می‌کرد و معروف بود که یک کامپیوتر (محاسب) است. کامپیوترها در این رصدخانه، عمرشان را صرف مطالعهٔ شیشهٔ عکس‌های ستارگان و انجام محاسبات (به روش کامپیوتری) می‌کردند، و به همین دلیل کامپیوتر نامیده می‌شدند. نام دیگر این کار، اندکی با خرحمالی فرق داشت. اما نشان می‌داد که زن‌ها در دانشگاه هاروارد آن زمان ـ یا تقریباً در هر دانشگاه دیگر ـ نمی‌توانستند بیش از این به اخترشناسی واقعی نزدیک شوند. این روش، علیرغم نامنصفانه بودنش، برخی مزیت‌های غیر منتظره داشت: بدین معنی بود که نیمی از ظریف‌ترین و دقیق‌ترین ذهن‌ها به سوی انجام دادن کاری هدایت شده بودند که در غیر این صورت، توجه متفکرانهٔ اندکی را به خود جلب می‌کرد، و این اطمینان را به وجود آورد که زن‌ها سرانجام، ساختمان ظریف کیهان را که غالباً از دید همکاران مذکرشان گریخته بود، شناختند.

یکی از این کامپیوترهای هاروارد به نام انی جامپ کانن، از آشنایی مکرر خود با ستارگان برای تدوین یک روش طبقه‌بندی ستارگان استفاده کرد. این روش از لحاظ کاربردی چنان دقیق بود که حتی امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش و دستاورد لیویت از این هم ژرف‌تر و اساسی‌تر بود. او متوجه شد که نوعی از ستاره به نام قیقاووس متغیر (از صورت فلکی قیقاووس، که نخستین بار در آن شناسایی شد)، با نظمی آهنگین می‌تپد ـ نوعی تپش قلب ستاره‌ای. قیقاووسیان ستارگانی بسیار کمیاب هستند، اما دست کم یکی از آن‌ها برای ما

انسان‌ها به خوبی شناخته شده است. ستارهٔ قطبی یا پولاریس، یک قیقاووس است.

امروزه ما می‌دانیم که قیقاووسیان تپ تپ می‌کنند زیرا ستارگانی کهنسال هستند که به گفتهٔ اخترشناسان از «مرحلهٔ ستارگان رشتهٔ اصلی» خود عبور کرده‌اند و به غول‌های سرخ تبدیل شده‌اند. ترکیب شیمیایی غول‌های سرخ با توجه به هدفی که ما در اینجا داریم، اندکی سنگین است (مستلزم شناخت خواص اتم‌های هلیوم تک یونیده در میان انبوهی از اتم‌های دیگر است)، اما به زبان ساده غول‌های سرخ، سوخت باقی ماندهٔ خود را طوری می‌سوزانند که موجب تولید نوعی درخشندگی و تیرگی بسیار آهنگین و بسیار قابل اطمینان می‌شود. نبوغ لیویت در این بود که تشخیص داد با مقایسهٔ قدرهای نسبی قیقاووس‌ها در نقاط مختلف آسمان می‌توان جای آن‌ها را نسبت به یکدیگر تعیین کرد. از قیقاووس‌ها می‌توان به عنوان «شمع‌های استاندارد» ــ اصطلاحی که خود او وضع کرد و هنوز هم در جهان کاربرد دارد استفاده کرد. در این روش فقط فاصله‌های نسبی مشخص می‌شود نه فاصله‌های مطلق، اما با این حال، نخستین‌بار بود که محققی توانسته بود روشی قابل استفاده برای اندازه‌گیری کائنات با این مقیاس عظیم پیدا کند.

(برای آنکه بتوانیم از این اطلاعات در جای خود بهره گیریم، لازم به یادآوری است درست در زمانی که کانن و لیویت دست اندرکار استنباط خواص اساسی کیهان از روی لکه‌های تیره و تار شیشهٔ عکس‌های ستارگان بودند ویلیام هـ پیکرینگ اخترشناس هاروارد، که البته هر وقت اراده می‌کرد می‌توانست پشت یک تلسکوپ درجه اول بنشیند و کائنات را ببیند، نظریهٔ تأثیرگذار خود را مبنی بر اینکه لکه‌های تاریک سطح ماه بر اثر هجوم و مهاجرت فصلی دسته‌های انبوه حشرات ایجاد می‌شود تدوین می‌کرد.)

اکنون ادوین هابل با ادغام معیار کیهانی لیویت با انتقال به قرمزهای سودمند وستو اسلیفر به اندازه‌گیری برخی نقاط انتخابی در فضا با چشمی تازه می‌پردازد. در سال ۱۹۲۳ ثابت کرد که انبوهه‌ای از یک تارعنکبوت دوردست در صورت فلکی امراة‌المسلسله و معروف به M31 به هیچ‌وجه یک ابر گازی نیست بلکه تابش ستارگان و کهکشانی به معنی واقعی کلمه است که ۹۰۰ هزار سال نوری با زمین فاصله دارد. کائنات، پهناورتر ــ تا بی‌نهایت پهناورتر ــ از آن بود که

تا آن زمان تصور می‌شد. در سال ۱۹۲۴، هابل یک مقالهٔ دوران ساز به نام «قیقاووسیان در سحابی‌های مارپیچی» نوشت (هابل به جای کهکشان از واژه nebulae به معنی «سحابی» استفاده می‌کرد) و ثابت کرد که کائنات نه تنها از کهکشان راه شیری تشکیل نمی‌شود بلکه هزاران کهکشان مستقل ـ «کائنات جزیره‌ای» ـ در آن وجود دارند که بسیاری از آن‌ها از کهکشان راه شیری بزرگتر و از آن بمراتب دورترند.

این کشف به تنهایی برای تضمین شهرت جهانی هابل کفایت می‌کرد، اما او در این زمان توجه خود را بر این جنبه متمرکز ساخت که کائنات تا چه اندازه از آنچه تصور می‌شود بزرگتر است، و بدین ترتیب به کشفی برجسته‌تر نایل آمد. هابل اندازه‌گیری طیف‌های کهکشان‌های دوردست را آغاز کرد، و این همان کاری بود که قبلاً اسلیفر در ایالت آریزونا آغاز کرده بود. او با استفاده از تلسکوپ جدید و یکصد اینچی هوکر در ماونت ویلسن و انجام برخی استنباط‌های هوشمندانه، دریافت که تمام کهکشان‌های موجود در آسمان (به استثنای خوشهٔ کهکشانی خود ما) در حال دور شدن از ما هستند. گذشته از این، سرعت و فاصلهٔ آن‌ها نیز دقیقاً با هم تناسب دارند: کهکشان هرچه دورتر بود، به همان اندازه سریع‌تر از ما دور می‌شد.

این یک کشف حقیقتاً تکان دهنده بود. کائنات به شتاب و در تمام جهات، در حال گسترش بود. برای بازگشت به گذشته و پی بردن به اینکه گسترش مزبور به احتمال قوی از یک نقطهٔ مرکزی آغاز شده است، به قدرت تخیل خیلی نیرومندی نیاز نداشت. این کائنات نه تنها آن کائنات پایدار، ثابت، و ابدی و خالی از هر چیزی نبود که تا آن زمان تصور می‌شد بلکه کائناتی با یک نقطهٔ آغاز بود. بنابراین، ممکن است یک نقطهٔ پایان نیز داشته باشد.

همچنان که استیفن هاوکینگ متذکر شده است، آنچه موجب شگفتی می‌شود این است که پیش از هابل هیچ دانشمندی به اندیشهٔ گسترش کائنات نرسیده بود. یک کائنات ایستا، همچنان که در نظر نیوتن و هر اخترشناس متفکر پس از او جزو مسلمات به شمار می‌آمد، از درون بر روی خود سقوط می‌کند. این مساله نیز مطرح بود که اگر ستارگان از همان آغاز و الی غیرالنهایه در این کائنات ایستا در حال سوختن بوده باشند، کل کائنات باید به طرز تحمل ناپذیری گرم

شده باشد ـ بدون تردید خیلی گرمتر از آنچه موجوداتی چون بشر امروزی بتوانند تحمل کنند. یک کائنات در حال گسترش، بخش بزرگی از این مساله را در آن حل کرد.

هابل نظاره‌گری بس بهتر از یک متفکر بود و بلافاصله به اهمیت چیزی که کشف کرده بود پی نبرد. بخشی از این پی نبردن بدان علت بود که او به طرزی اسف‌انگیز از وجود نظریهٔ نسبیت عمومی اینشتین بی‌خبر بود. این بسیار چشمگیر بود زیرا در همان زمان نام اینشتین و نظریه‌اش در سراسر جهان مطرح می‌شد و به گوش جهانیان می‌رسید. گذشته از این، در سال ۱۹۲۹ آلبرت مایکلسن ـ که در این هنگام به سال‌های پایانی عمرش نزدیک شده بود ولی همچنان یکی از بیدارترین و گرانقدرترین دانشمندان جهان به شمار می‌رفت ـ با پذیرش شغلی در ماونت ویلسن برای اندازه‌گیری سرعت نور با استفاده از تداخل‌سنج قابل اعتمادش موافقت کرد، و بدون تردید دست‌کم می‌بایست قابلیت کاربرد نظریه اینشتین در دست‌آوردهای خودش را به او گوشزد کرده بوده باشد.

به هر حال، زمانی که فرصت در اختیار هابل قرارگرفته بود وی نتوانست از آن استفاده کند و نظریه‌ای فراهم آورد. در عوض، این مهم بر عهدهٔ ژرژ ادوار لومتر دانشمند و کشیش بلژیکی (با درجهٔ دکترا از انستیتوی فناوری ماساچوست) نهاده شد تا دو رشتهٔ مذکور را در قالب «نظریهٔ آتش‌بازی» بگنجاند. بر طبق این نظریه، آغاز کائنات به شکل یک نقطهٔ هندسی و یک «اتم آغازین» بود که انفجاری عظیم در آن صورت گرفت و کائنات از آن تاریخ به بعد همواره در حال گسترش و دور شدن بوده است. این نظریه، حاوی اندیشه‌ای بود که مفهوم امروزی انفجار بزرگ در آن بیان شده بود ولی به قدری از زمان خود جلوتر بود که از لومتر غالباً با عباراتی در حد همین یکی دو جملهٔ این کتاب یاد می‌شود. جهان به چند دههٔ دیگر به اضافهٔ کشف ناخواسته تشعشعات پسزمینهٔ کیهانی توسط پنزیاس و ویلسن در آنتن هیس‌دارشان در نیو جرسی نیاز داشت تا آنکه انفجار بزرگ از قالب یک اندیشهٔ جالب خارج شود و به صورت یک نظریهٔ رسمی درآید.

نه هابل می‌توانست بخشی از آن داستان بزرگ شود نه اینشتین. با آنکه در آن زمان کسی حدس نمی‌زد، این دو دانشمند دقیقاً همان کاری را انجام داده بودند که قرار بود توسط ایشان انجام شود.

هابل در سال ۱۹۳۶ کتابی ساده به نام قلمروی سحابی‌ها نوشت که در آن با

لحنی تملق‌آمیز به تشریح دستاوردهای بزرگ خود پرداخته بود. سرانجام، او در اینجا نشان داد که با نظریهٔ اینشتین ــ البته تا حدودی ــ آشنا شده بود: نزدیک به چهار صفحه از کتاب دویست صفحه‌ای‌اش را به تشریح آن نظریه اختصاص داد.

هابل در سال ۱۹۵۳ بر اثر حملهٔ قلبی درگذشت. یک حادثهٔ عجیب دیگر در انتظار او بود. همسرش به دلایلی که همچنان در هاله‌ای از اسرار مانده است از برگزاری مراسم تشییع جنازهٔ او خودداری کرد و به کسی هم نگفت که بر سر جنازهٔ هابل چه آورد. پنجاه سال پس از آن واقعه، محل دفن بزرگ‌ترین اخترشناس آمریکایی همچنان ناشناخته است. برای یادآوری و بزرگداشت او باید به آسمان و تلسکوپ فضایی هابل که به افتخار او نام‌گذاری و در سال ۱۹۹۰ به فضا پرتاب شده چشم بدوزند.

# ۹ اتم پر قدرت

زمانی که اینشتین و هابل فعالانه دست اندرکار پرده برداشتن از ساختار عظیم کیهان بودند، عده‌ای دیگر می‌کوشیدند از چیزی در دسترس اما به شکلی همان قدر دورتر سر درآوردند: اتم ریز و همواره اسرارآمیز.

ریچارد فاینمن فیزیک‌دان بزرگ دانشگاه کلتک، یک بار گفت اگر قرار باشد تاریخ علمی بشر را در قالب یک جملهٔ مهم بیان کنید، آن جمله چنین است: «همه چیز از اتم ساخته می‌شود.» اتم در همه‌جا وجود دارد و هر چیزی از اتم تشکیل می‌شود. به اطراف‌تان نگاه کنید. هرچه هست از اتم است. نه فقط اجسام جامد مانند دیوار و میز و صندلی، بلکه هوای اطراف‌تان نیز از اتم است. تعداد اتم‌ها به قدری زیاد است که حقیقتاً نمی‌توان در تصور آورد.

شکل و آرایش بنیادی کارکرد اتم، مولکول (molecule از ریشهٔ لاتینی به معنی «تودهٔ کوچک») است. هر مولکول خیلی ساده از دو یا چند اتم تشکیل می‌شود که با آرایشی کم و بیش پایدار با یکدیگر همکاری می‌کنند: اگر دو اتم هیدروژن را به یک اتم اکسیژن بیفزایید آب تشکیل می‌شود. همچنان که نویسندگان عموماً در قالب واژه‌ها می‌اندیشند نه حروف، شیمی‌دان‌ها نیز عموماً در قالب مولکول‌ها می‌اندیشند نه عناصر. بنابراین آنچه برای ایشان اهمیت دارد مولکول است، و تعداد مولکول‌ها نیز در یک کلام بسیار زیاد است. در سطح دریا و در دمای ۳۲ درجهٔ فارنهایت، یک سانتیمتر مکعب هوا (یعنی فضایی معادل یک حبه قند) معادل ۴۵ میلیارد میلیارد مولکول گنجایش خواهد داشت. همین تعداد مولکول در هر سانتیمتر مکعبی که در اطراف دیده می‌شود نیز وجود دارند. تصور کنید دنیایی که بیرون از پنجرهٔ اتاق‌تان واقع شده است چند سانتیمتر

مکعب گنجایش دارد ـ برای پر کردن آن منظرهٔ مقابل‌تان به چند حبهٔ قند نیاز خواهد بود. سپس در تصور آورید برای ساختن کائنات به چند حبهٔ قند نیاز است. خلاصه آنکه، اتم در همه‌جا به وفور وجود دارد.

اتم‌ها به طرز خارق‌العاده‌ای ماندگار هستند. اتم‌ها به علت طولانی بودن عمرشان عملاً به همه جا می‌روند. هر اتمی که شما در وجود خود دارید تقریباً بدون هیچ تردیدی، تاکنون از چندین ستاره عبور کرده و در مسیر تبدیل شدن به شما، جزیی از میلیون‌ها موجود زندهٔ دیگر شده است. هر کدام از ما انسان‌ها در لحظهٔ مرگ دارای چنان تعداد زیادی اتم هستیم و چرخهٔ بازیابی را چنان شدید طی می‌کنیم که تعداد قابل توجهی از اتم‌های‌مان ــ بر طبق برآوردها، تا یک میلیارد اتم برای هر نفر ــ روزگاری به شخصیتی چون شکسپیر تعلق داشته‌اند. یک میلیارد اتم دیگر در وجود هرکس از بودا و چنگیزخان و بتهوون و هر شخصیت تاریخی دیگر است که بخواهید نام ببرید. (ظاهراً شخصیت‌ها باید تاریخی باشند، چون توزیع مجدد و کامل اتم‌ها به چند دهه زمان نیاز دارد؛ اما هر قدر هم که دلتان بخواهد، نمی‌توانید شخصی باشید که اتم‌های الویس پرسلی در وجودش یافت شود.)

بدین ترتیب، ما همگی انسان‌هایی تناسخ یافته‌ایم ـ گرچه عمرمان کوتاه است. وقتی می‌میریم، اتم‌های وجودمان از هم باز می‌شوند به حرکت در می‌آیند تا کاربردهایی جدید در جاهای دیگر پیدا کنند ـ مثلاً جزیی از یک برگ سبز یا انسانی دیگر یا یک قطرهٔ شبنم شوند. اما اتم‌ها عملاً تا ابد به راه خود ادامه می‌دهند. هیچ کس دقیقاً نمی‌داند هر اتم تا کی باقی خواهد ماند و عمر خواهد کرد، اما به گفتهٔ مارتین ریس، این دوره در حدود $۱۰^{۳۵}$ سال است ـ عددی چنان بزرگ که من نیز از بیان آن به شکل عددنویسی ریاضی خوشحالم.

اتم‌ها در درجهٔ نخست، ذراتی ریز ـ بسیار ریز ـ هستند. نیم میلیون اتم اگر شانه به شانهٔ هم چیده شوند می‌توانند پشت یک تار موی انسان پنهان شوند. در چنین مقیاسی، در تصور آوردن اتم عملاً غیر ممکن است اما البته می‌توان در این راه کوشید.

این کار را از یک میلیمتر آغاز کنید، که خطی است به این اندازه: -. حال تصور کنید که آن خط را به هزار پهنای مساوی تقسیم کرده‌اید. هر یک از این پهناها یک میکرون نامیده می‌شود. این میکرون، مقیاس میکروارگانیسم‌ها یا

خردسازواره‌ها است. مثلاً پهنای یک پارامسی معمولی، دو میکرون یا ۰/۰۰۲ میلی‌متر است، که واقعاً بسیار کوچک است. اگر بدون چشم مسلح بخواهید یک پارامسی را به هنگام شنا کردن ببینید، قطرهٔ آبی را که پارامسی در آن است باید تا حدود چهل فوت بزرگ کنید. اما اگر بخواهید اتم‌های همان قطره را ببینید، طول قطره را باید به پانزده مایل برسانید.

به بیان دیگر، کوچکی اتم‌ها در مقیاسی است که آن‌ها را در مرتبه‌ای دیگر قرار می‌دهد. برای رسیدن به مقیاس اتم‌ها، مجبورید هر یک از این برش‌های میکرونی را بردارید و با پهناهایی ده هزار بار نازک‌تر برش دهید یا بتراشید. چنین است مقیاس اتم: یک ده میلیونیم یک میلیمتر. این، درجه‌ای از باریکی را نشان می‌دهد که تجسم آن از قدرت تخیل ما خیلی فاصله دارد، اما اگر به یاد بیاورید که هر اتم در مقابل پهنای یک خط یک میلیمتری همانند ضخامت یک برگ کاغذ در برابر ارتفاع ساختمان امپایر استیت بیلدینگ است، می‌توانید تصوری از ابعاد آن در ذهن‌تان پیدا کنید.

البته فراوانی و ماندگاری خارق‌العادهٔ اتم‌هاست که آن‌ها را چنین سودمند می‌سازد، و ریز بودن‌شان نیز کار ردیابی و درک آن‌ها را دشوار می‌سازد. تشخیص اینکه اتم‌ها سه خصوصیت ــ ریز، پرشمار، و عملاً نابود نشدنی ــ دارند و همهٔ چیزهای مادی نیز از اتم ساخته شده‌اند، برخلاف انتظار شما، نخستین‌بار نه توسط آنتوان ـ لوران دو لاووازیه یا حتی هنری کَوِندیش یا همفری دیوی، بلکه توسط یک کویکر باریک اندام و اندکی تحصیل کرده به نام جان دالتن انجام شد که پیش از این در فصل مربوط به شیمی با او آشنا شدیم.

دالتن در سال ۱۷۶۶ در خانواده‌ای از بافندگان کویکر فقیر اما معتقد در ناحیهٔ لیک دیستریکت و در نزدیکی کاکرماوث چشم به جهان گشود. (چهار سال پس از او، ویلیام وردزورث شاعر نیز در همین کاکرماوث متولد شد.) او دانش‌آموزی تیزهوش و استثنایی بود ــ آن قدر تیزهوش که در دوازده سالگی به ریاست مدرسهٔ کویکری آن محل منصوب شد. این، شاید به یک اندازه از اهمیت مدرسه و تیزهوشی دالتن حکایت داشته باشد، شاید هم نه: از یادداشت‌های روزانهٔ دالتن چنین پیداست که در همین سال‌ها کتاب اصول نیوتن را به زبان لاتینی اصل و دیگر کتاب‌های چالش‌انگیز مشابه آن را مطالعه می‌کرده

است. در پانزده سالگی، با آنکه ریاست آن مدرسه را داشت، کاری در شهر کندال در همان نزدیکی‌ها پیدا کرد و ده سال بعد نیز به منچستر نقل مکان کرد، و در طی پنجاه سالهٔ بعدی عمرش ندرتاً از آنجا خارج شد. در منچستر، او به صورت یک گردباد روشنفکرانه عمل می‌کرد، و کتاب‌ها و مقالات گوناگون در زمینه‌هایی از هواشناسی گرفته تا دستور زبان می‌نوشت. بیماری کور رنگی که دالتن نیز به آن مبتلا بود، به علت مطالعاتی که او در این مورد انجام داد مدت‌های طولانی دالتونیسم نامیده می‌شد. اما آنچه موجب شهرت دالتون شد کتاب حجیمی بود که در سال ۱۸۰۸ با عنوان نظام جدیدی در فلسفهٔ شیمیایی انتشار داد.

در فصل کوتاهی از این کتاب، که پنج صفحه (از کل نهصد صفحه) را به خود اختصاص می‌داد، دانشمندان نخستین‌بار با اصطلاح اتم به مفهومی نزدیک به مفهوم امروزی آن آشنا شدند. ژرف‌نگری سادهٔ دالتون آن بود که گفت ذراتی بی‌نهایت ریز و تجزیه‌ناپذیر، شالودهٔ کل ماده را تشکیل می‌دهند. او نوشت: «همچنین می‌توانیم بکوشیم سیاره‌ای جدید بر منظومهٔ شمسی بیفزاییم یا سیاره‌ای را که در حال حاضر وجود دارد، درست مانند آنکه بکوشیم یک ذرهٔ هیدروژن را بیافرینیم، نابود کنیم.»

نه اندیشهٔ اتم تازگی داشت نه خود اصطلاح اتم. هر دو را یونانیان باستان مطرح کرده و به کار برده بودند. کمک دالتون در اینجا عبارت بود از بررسی اندازه‌های نسبی و خصوصیات اتم‌ها و چگونگی جور درآمدن آن‌ها با یکدیگر. مثلاً او می‌دانست که هیدروژن سبک‌ترین عنصر است، و به همین دلیل وزن اتمی آن را یک تعیین کرد. همچنین، دالتون معتقد بود که آب از هفت قسمت اکسیژن و یک قسمت هیدروژن تشکیل می‌شود و به همین دلیل وزن اتمی اکسیژن را هفت تعیین کرد. او با چنین تدابیری توانست وزن‌های نسبی عناصر شناخته شده را پیدا کند. از این لحاظ او همیشه دقیق عمل نمی‌کرد ــ وزن اتمی اکسیژن عملاً ۱۶ است نه هفت ــ اما اصل مذکور معتبر و محکم بود و شالودهٔ کل علم شیمی جدید و بخش بزرگی از علم جدید قرار گرفت.

این کار موجب شهرت دالتون شد ــ هر چند به شکلی عادی و به روش کویکرهای انگلیسی. در سال ۱۸۲۶، پییر ژوزف پلتیه شیمی‌دان فرانسوی برای دیدار با قهرمان اتمی به منچستر سفر کرد. پلتیه انتظار داشت که او را در مقام

عضویت یک انستیتوی عظیم ببیند، اما وقتی او را در حال تدریس حساب به شاگردان مدرسه‌ای کوچک در یک خیابان فرعی دید در شگفت شد. به نوشتهٔ ا. ج. هومیارد مورخ علم، پلتیه که گیج شده بود به محض مشاهدهٔ آن دانشمند بزرگ، با لکنت زبان گفت:

> «آیا افتخار آشنایی با جناب دالتون را دارم؟» چون نمی‌توانست به چشمانش باور کند و بپذیرد که وی همان شیمی‌دان معروف در سراسر اروپاست که چهار عمل اصلی را به یک پسر بچه آموزش می‌دهد. کویکر اصل گفت: «بله. ممکن است خواهش کنم قدری تأمل کنید و روی صندلی بنشینید تا من به وضع حساب این پسرک برسم؟»

با آنکه دالتون می‌کوشید از دریافت هر نشان و لقبی خودداری کند، علیرغم میل خودش به عضویت در انجمن سلطنتی برگزیده شد، مدال باران شد و یک مقرری عالی از طرف دولت برایش در نظر گرفته شد. وقتی در سال ۱۸۴۴ چشم از جهان فروبست، چهل هزار نفر برای تشییع جنازه‌اش آمده بودند و طول صف مشایعت کنندگان به دو مایل می‌رسید. شرح ذیل مدخل نام او در فرهنگ زندگی‌نامه‌های ملی *(Dictionary of National Biography)* یکی از طولانی‌ترین شرح‌هاست و در میان دانشمندان سدهٔ نوزدهم فقط زندگی نامه‌های داروین و لایل به پایش می‌رسند.

تا یک سده پس از اعلام پیشنهاد دالتون، نظریاتش از حالت فرضیه خارج نشد و چند دانشمند برجسته ــ به ویژه ارنست ماخ فیزیک‌دان وینی که کشف سرعت نور به نامش ثبت شده است ــ اصولاً منکر وجود اتم‌ها شدند. او نوشت: «اتم‌ها را نمی‌توان به وسیلهٔ حواس دریافت کرد... اتم‌ها چیزهایی فکری به شمار می‌روند.» وجود اتم‌ها به ویژه در دنیای آلمانی زبان با چنان تردیدی مواجه شد که برخی حتی گفتند اتم در خودکشی لودویگ بولتسمان فیزیکدان نظری بزرگ و هوادار نظریهٔ اتمی در سال ۱۹۰۶ نقش داشته است.

نخستین دانشمندی که مدارک غیر قابل انکار دال بر وجود اتم‌ها را در مقالهٔ خود در مورد حرکت براونی در سال ۱۹۰۵ مطرح می‌ساخت اینشتین بود، اما این نیز توجه چندانی به خود جلب نکرد و به هر حال اینشتین نیز اندکی بعد سرگرم تحقیقات خود در زمینهٔ نظریهٔ نسبیت عمومی شد. به همین دلیل ارنست رادرفرد،

اگر نگوییم نخستین شخصیت حاضر در صحنه، نخستین قهرمان واقعی عصر اتم بود.

رادرفرد در سال ۱۸۷۱ در بخش دور افتاده‌ای از زلند جدید و در خانوادهٔ پدر و مادری چشم به جهان گشود که با هدف کشت ذره‌ای کتان و تولید یک دنیا کودک (به گفتهٔ استیون واینبرگ) از اسکاتلند به آن کشور مهاجرت کرده بودند. او که در بخش دور افتاده‌ای از یک کشور دور افتاده بزرگ شده بود از جریان‌های اصلی علم نیز تا حدی که امکان داشت بی‌اطلاع بود، اما در سال ۱۸۹۵ یک بورسیهٔ تحصیلی نصیبش شد که او را تا آزمایشگاه کَوِندیش در دانشگاه کیمبریج برد، که تدریجاً به داغ‌ترین و فعال‌ترین نقاط جهان در زمینهٔ فیزیک تبدیل می‌شد.

فیزیک‌دان‌ها در تحقیر کردن دانشمندان رشته‌های دیگر معروفند. وقتی همسر ولفگانگ پاولی فیزیک‌دان بزرگ اتریشی از او جدا شد و با یک شیمی‌دان ازدواج کرد، او از سرِ ناباوری گیج شده بود. پاولی شگفت‌زده ضمن صحبت با دوستی چنین گفت: «اگر یک گاوباز را انتخاب می‌کرد برایم قابل درک بود تا یک شیمی‌دان...»

این احساسات از نوع احساساتی بودند که رادرفرد می‌فهمید. یک بار ضمن نوشتن مطلبی که از آن زمان تاکنون بارها تکرار شده است گفت: «کل علم یا فیزیک است یا گردآوری تمبر.» بنابراین، نوعی طنز جذاب در این سخن نهفته است که وقتی جایزه نوبل در سال ۱۹۰۸ به او تعلق گرفت در رشتهٔ شیمی بود نه در رشتهٔ فیزیک.

رادرفرد انسانی خوشبخت بود ـ خوشبخت از لحاظ نابغه بودنش، اما خوشبخت‌تر از آن به این دلیل که در عصری زندگی می‌کرد که فیزیک و شیمی دو علم بسیار هیجان‌انگیز و بسیار سازگار با یکدیگر به شمار می‌رفتند (به ویژه با احساساتی که خود او داشت). این دو علم دیگر هیچ‌گاه چنان تداخل راحتی در یکدیگر پیدا نخواهند کرد.

رادرفرد علیرغم تمام موفقیت‌هایش انسانی استثنایی و تیزهوش نبود و علاوه بر آن، وضع ریاضیاتش بسیار بد بود. در ضمن تدریس غالباً چنان در معادلات خودش گم می‌شد که درس را نیمه‌کاره رها می‌کرد و از دانشجویانش می‌خواست که بقیهٔ محاسبات را خودشان انجام دهند. به گفتهٔ همکار قدیمی‌اش جیمز چدویک کاشف نوترون، در کارهای آزمایشگاهی و تجربی نیز آن قدرها

زرنگ نبود. فقط انسانی قوی و دارای ذهنی روشن بود. به جای تیزهوشی و استثنایی بودن، صفت زیرکی و نوعی جسارت را نشانده بود. به قول یک زندگی‌نامه نویس، «ذهنش همیشه در حال انجام عملیاتی در جهت رسیدن به مرزهایی هرچه دورتر و قابل رؤیت برای او بود که در مورد وی از مرزهای مقرر برای هر انسانی فراتر می‌رفت.» به محض رویارو شدن با یک مسألهٔ دشوار و نافرمان، آمادگی درافتادن با آن را هرچه سخت‌تر و طولانی‌تر از هرکس دیگر همراه با پذیرفتن توضیحات نامتعارف داشت. بزرگترین شاهکار زندگی‌اش از آنجا حاصل شد که او برای صرف ساعت‌های طولانی و خسته کننده و شمردن ذرات آلفای عبوری از طیف‌سنج‌ها (به قول آن روزی‌ها) ــ از آن نوع کارهایی که معمولاً به طریق سفارشی و برون‌سپاری انجام می‌شود ــ آمادگی داشت. او یکی از نخستین ــ احتمالاً تنها ــ دانشمندانی بود که متوجه شد قدرت نهفته در درون اتم در صورتی که مهار شود می‌تواند بمب‌هایی به قدر کافی قوی برای «دود کردن و به هوا فرستادن این دنیای کهنه کار» تولید کند.

از لحاظ جسمانی، درشت هیکل بود و صدایی پر طنین داشت و افراد ترسو را فراری می‌داد. یک‌بار وقتی شنیده شد که قرار است رادرفرد از آن سوی اقیانوس اطلس یک پیام رادیویی بفرستند، یکی از همکارانش با بی‌اعتنایی پرسید: «چرا از رادیو می‌فرستد؟» او در عین‌حال خیلی به خودش خوشبین بود. وقتی یک نفر در ضمن اظهار نظرهایش به او گفت که همیشه به نظر می‌رسد بر اوج موج سوار شده است، او در پاسخ گفت: «خوب، هرچه باشد من همانم که موج را ساختم، غیر از این است؟» چ. پ. اسنو به یاد می‌آورد که یک روز در یکی از دوزندگی‌های کیمبریج از رادرفرد شنید که می‌گفت: «دور شکمم روز به روز بزرگتر می‌شود. مغزم هم بزرگتر می‌شود.»

اما در سال ۱۸۹۵ وقتی ناگهان سر و کله‌اش در آزمایشگاه کوندیش پیدا شد، دور شکم و شهرتش خیلی از او جلوتر بودند.* آن سال دوره‌ای به ویژه پر

---

* این نام از همان کِوندیش‌هایی است که هنری کِوندیش را به جهان عرضه کردند. اما این یکی، ویلیام کِوندیش هفتمین دیوک آو دوونشر بود که ریاضی‌دانی با استعداد و از سلاطین فولاد در انگلستان به شمار می‌رفت. در سال ۱۸۷۰ مبلغ ۶۳۰۰ پوند برای ساخت یک آزمایشگاه تجربی به دانشگاه کیمبریج اهدا کرد.

حادثه در دنیای علم بود. در سال ورود رادرفرد به کیمبریج، ویلهلم رونتگن اشعهٔ ایکس را در دانشگاه وورتسبورگ آلمان کشف کرد و یک سال پس از آن هانری بکرل رادیواکتیویته را کشف کرد. و خود آزمایشگاه کَوِندیش نیز در شرف گام نهادن در یک دورهٔ طولانی عظمت بود. در سال ۱۸۹۷ سر جوزف جان تامسن و همکارانش در آنجا الکترون را کشف کردند، در سال ۱۹۱۱ چارلز تامسن ریس ویلسن نخستین آشکارساز ذرات را (چنان که در آینده خواهیم دید) در آنجا تولید کرد، و در ۱۹۳۲ جیمز چدویک نوترون را در آنجا کشف کرد. اندکی بعد نیز جیمز واتسن و فرانسیس کریک ساختمان DNA (اسید دئوکسی ریبونوکلئیک) را در سال ۱۹۵۳ در آزمایشگاه کَوِندیش کشف کردند.

در آغاز، رادرفرد در زمینهٔ امواج رادیویی کار می‌کرد، آن هم با تمایزی مختصر با دیگران ــ توانست یک سیگنال کوتاه را تا بیش از یک مایل ارسال کند، که خود دستاوردی جالب در آن زمان بود ــ اما وقتی یکی از همکارانش او را متقاعد کرد که رادیو هیچ آینده‌ای ندارد از این کار دست برداشت. اما رادرفرد در آزمایشگاه کَوِندیش به طور کلی چندان پیشرفتی نکرد. پس از سه سال کار در آنجا وقتی احساس کرد که راه به جایی نخواهد برد، شغلی در دانشگاه مک‌گیل مونترال پیدا کرد و در آنجا بود که به دورهٔ شکوفایی و عظمت خود گام نهاد. زمانی که جایزهٔ نوبل خود را (به واسطهٔ تحقیق در «فروپاشی عناصر و شیمی اجسام رادیواکتیو» بر طبق اعلام رسمی) دریافت می‌کرد، به دانشگاه منچستر منتقل شده بود و عملاً در این دانشگاه بود که مهم‌ترین کارش را در زمینهٔ تعیین ساختار و ماهیت اتم انجام داد.

در نخستین سال‌های سدهٔ بیستم معلوم شده بود که اتم از چند جزء تشکیل می‌شود ــ کشف الکترون توسط تامسن این نکته را اثبات کرده بود ــ اما کسی چیزی دربارهٔ تعداد این اجزاء یا چگونگی درهم چفت شدن آن‌ها یا شکل ظاهر آن‌ها نمی‌دانست. بعضی از فیزیکدان‌ها معتقد بودند که اتم‌ها ممکن است شکلی مکعب‌وار داشته باشد زیرا مکعب‌ها را می‌توان به دقت و بدون از دست رفتن فضای بین‌شان در کنار هم چید یا برهم فشرد. لیکن نظر رایج‌تر آن بود که اتم بیشتر به یک کیک کشمش بی‌دانه یا یک پودینگ آلو شباهت دارد: چیزی متراکم و صلب که دارای بار مثبت است ولی چند الکترون دارای بار منفی مانند کشمش‌های داخل کیک کشمس بی‌دانه نیز در درون آن وجود دارند.

در سال ۱۹۱۰، رادرفرد (با کمک یکی از دانشجویانش به نام هانس گایگر، که بعدها آشکارساز تشعشع نام‌گذاری شده به نام خودش را اختراع کرد) اتم‌های هلیوم یونیزه یا ذرات آلفا را به یک زرورق شلیک کرد.* رادرفرد با شگفتی متوجه شد که برخی از ذرات به عقب می‌جهند. می‌گفت آنچه دیدم طوری بود که گویی یک گلولهٔ توپ پانزده اینچی را به یک ورق کاغذ شلیک کرده و گلوله بازگشته و به دامن خودش افتاده است. فقط چنین فرض نشد که این حادثه رخ داده است. پس از تامل کافی دریافت که فقط یک تبیین ممکن برای این پدیده وجود دارد: ذراتی که به طرف او بر می‌گشتند به چیزی کوچک و متراکم در قلب اتم اصابت می‌کردند اما بقیهٔ ذرات بدون هیچ مانعی به راه خود ادامه می‌دادند. رادرفرد متوجه شد که هر اتم، غالباً یک فضای خالی است به اضافهٔ هسته‌ای بسیار متراکم در مرکز آن. این مسرت بخش‌ترین کشف او بود، اما بلافاصله یک مساله به دنبال آورد. بر اساس تمام قوانین فیزیک سنتی، اتم نباید اصولاً وجود داشته باشد.

حال بیایید لحظه‌ای درنگ کنیم و به بررسی ساختار اتم به شکلی که امروز می‌شناسیم بپردازیم. هر اتم از سه نوع ذرهٔ بنیادی تشکیل می‌شود: پروتون‌ها که بار الکتریکی مثبت دارند؛ الکترون‌ها که بار الکتریکی منفی دارند؛ و نوترون‌ها که هیچ باری ندارند. پروتون‌ها و نوترون‌ها در درون هسته جای گرفته‌اند اما الکترون‌ها در خارج از هسته به دور آن می‌چرخند. تعداد پروتون‌ها همان چیزی است که هویت شیمیایی هر اتم را تعیین می‌کند. اتم دارای یک پروتون، اتم هیدروژن و اتم دارای دو پروتون اتم هلیوم است، با سه پروتون، اتم لیتیوم است، و الی آخر تا بالاترین پلهٔ نردبان. هر بار که یک پروتون اضافه کنید یک عنصر تازه در اختیارتان قرار می‌گیرد. (چون تعداد پروتون‌های هر اتم همیشه با تعداد مساوی از الکترون‌ها به صورت متعادل در می‌آید، گاهی خواهید دید که آن را به صورت عدد الکترون‌هایی نوشته‌اند که یک عنصر را تعیین می‌کند؛ نتیجه یکی

* گایگر بعدها از هواداران وفادار نازی‌ها شد و در لو دادن همکاران یهودش، از جمله بسیاری از آن‌هایی که وی را یاری کرده بودند، هیچ درنگی به خرج نمی‌داد.

است. آن طور که برای من شرح داده شد، پروتون‌ها به اتم هویت می‌دهند اما الکترون‌ها به آن شخصیت می‌بخشند.)

نوترون‌ها در هویت اتم تأثیری ندارند، اما بر جرمش می‌افزایند. تعداد نوترون‌ها معمولاً با تعداد پروتون‌ها برابر است، ولی گاهی ممکن است اندکی کم و زیاد شوند. اگر تعداد نوترون‌ها را یکی یا دوتا بیشتر کنید یک ایزوتوپ به دست می‌آورید. اصطلاحاتی که در اشاره به روش‌های تاریخ‌گذاری در باستان‌شناسی می‌شنوید به ایزوتوپ‌ها ارتباط پیدا می‌کنند ـ مانند کربن ۱۴، که عبارت است از یک اتم کربن با شش پروتون و هشت نوترون (عدد چهارده حاصل جمع این دو است).

نوترون‌ها و پروتون‌ها هستهٔ اتم را اشغال می‌کنند. هستهٔ اتم، بسیار ریز ـ فقط یک میلیونیم یک میلیاردیم حجم کامل اتم ـ اما به طرز خارق‌العاده‌ای متراکم است زیرا عملاً کل جرم اتم را در خود دارد. همچنان که کراپر گفته است، اگر قرار شود ابعاد اتم را به اندازهٔ ابعاد یک کلیسای جامع گسترش دهیم، هستهٔ اتم فقط به اندازهٔ یک مگس می‌شود ـ ولی مگسی که وزنش هزاران بار از وزن کلیسای جامع سنگین‌تر است. همین گستردگی فضا ـ این اتاق‌های پرطنین و غیره منتظره ـ بود که رادرفرد را در سال ۱۹۱۰ به خاراندن سرش وادار کرد.

تصور اینکه اتم‌ها عموماً فضای خالی‌اند، امروزه نیز چیزی شگفتی‌آور به نظر می‌رسد، و حالت جامدی که ما در پیرامون خود می‌بینیم توهمی بیش نیست. وقتی دو جسم در دنیای واقعی به یکدیگر اصابت می‌کنند ـ غالباً از توپ بیلیارد به عنوان مثال استفاده می‌شود ـ آن‌ها عملاً به یکدیگر ضربه نمی‌زنند. به گفتهٔ تیموثی فریس: «بلکه میدان‌های دارای بار الکتریکی منفی دو توپ یکدیکر را دفع می‌کنند... اگر به دلیل وجود همین بارهای الکتریکی نبود، آن‌ها می‌توانستند مانند کهکشان‌ها، بدون آنکه آسیبی ببینند، از درون یکدیگر عبور کنند. «وقتی روی صندلی می‌نشینید، عملاً روی آن ننشسته‌اید بلکه با فاصله‌ای یک آنگسترومی (یک صد میلیونیم یک سانتیمتر) روی آن پرواز می‌کنید، الکترون‌های شما و الکترون‌های صندلی به طرزی سرسختانه و سازش‌ناپذیر مانع هرگونه رابطهٔ نزدیک‌تر می‌شوند.

تصویری که تقریباً هر کسی از یک اتم در ذهن خود دارد تصویر یک یا دو

الکترون در حال پرواز در اطراف یک هسته است، درست مانند سیاراتی که به گرد خورشید می‌چرخند. این تصویر در سال ۱۹۰۴ و بر اساس چیزی که اندکی از حدس و گمان فراتر می‌رود، توسط یک فیزیکدان ژاپنی به نام هانتارو ناگائوکا آفریده شد. تصویر، سراپا غلط اما همچنان که دیده‌ایم ماندگار است. این تصویر، به گفتهٔ آیزک آسیموف، الهام‌بخش چندین نسل از نویسندگان داستان‌های علمی تخیلی در آفریدن جهان‌هایی در درون جهان‌های دیگر بوده است، که در آن‌ها اتم‌ها نقش خرده منظومه‌های مسکون را پیدا می‌کنند یا معلوم می‌شود این منظومهٔ شمسی ما چیزی جز یک ذره در مجموعه‌ای بس بزرگتر نیست. حتی امروزه تشکیلات CERN یا سازمان اروپایی تحقیقات هسته‌ای، از تصویر ابداعی ناگائوکا به عنون نشان رسمی تارنمای (وب سایت) خود استفاده می‌کند. به بیان دقیق‌تر، همچنان که فیزیکدان‌ها به فاصلهٔ اندکی دریافتند، الکترون‌ها هیچ شباهتی به سیاره‌های گردنده در مدارهایی خاص ندارند بلکه بیشتر به پره‌های یک پنکهٔ در حال کار شباهت دارند که می‌توانند کوچک‌ترین فضای موجود در مدارهای خود را به طور همزمان پر کنند (ولی با تفاوتی اساسی، بدین معنی که پره‌های پنکه فقط ظاهراً به نظر می‌رسند که در آن واحد در همه جا حضور دارند، الکترون‌ها واقعاً حضور دارند).

بدیهی است که در سال ۱۹۱۰ یا تا سال‌های سال پس از آن فقط بخش بسیار ناچیزی از آنچه گفته شد فهمیده می‌شد. دستاورد رادرفرد، برخی مسایل بزرگ و فوری پیش‌روی دانشمندان قرار داد، به ویژه آنکه هیچ الکترونی نباید بتواند بدون برخورد به الکترون دیگر به گرد هسته بچرخد. نظریهٔ الکترودینامیک سنتی مستلزم آن بود که هر الکترون در حال پرواز باید انرژی خود را سریعاً از دست بدهد ــ در یکی دو لحظه ــ و با چرخشی مارپیچی به درون هسته کشیده شود، که پیامدهایی فاجعه‌آمیز برای هر دو به بار می‌آورد. مسألهٔ دیگری که مطرح شد این بود که پروتون‌های دارای بار مثبت، بدون منفجر کردن خودشان و قسمت باقی ماندهٔ اتم چگونه می‌توانند با هم در یکجا گرد آیند. روشن است آنچه در این دنیای ذرات ریز جریان داشت تابع قوانینی نبود که بر جهان بزرگ و جایگاه انتظارات ما حاکم هستند.

فیزیکدان‌ها همزمان با پرداختن به ژرفای این عرصه، متوجه شدند که این عرصه نه فقط با هر آنچه بشر در سال‌های پیش می‌دانست تفاوت دارد بلکه با هر آنچه تاکنون تصور کرده بود نیز متفاوت است. ریچارد فاینمن یک بار گفت: «از آنجا که رفتار اتم‌ها خیلی با تجربهٔ عادی ما فاصله دارد، عادت کردن به آن خیلی دشوار است و در نظر هر کسی، چه نوآموز چه فیزیک‌دان مجرب، خیلی عجیب می‌نماید.» زمانی که فاینمن این نظر خود را اعلام کرد، هنوز پنجاه سال مانده بود تا فیزیک‌دان‌ها خودشان را با رفتار عجیب و غریب اتم‌ها تطبیق دهند. حال می‌توانید تصور کنید که رادرفرد و همکارانش در اوایل دههٔ ۱۹۱۰ که همه چیز تازگی داشت چه احساسی داشتند.

یکی از افرادی که با رادرفرد کار می‌کرد یک دانمارکی آرام و خوش برخورد به نام نیلس بور بود. او در سال ۱۹۱۳ و در حالی که هنوز چنان که باید و شاید از ساختمان اتم سر درنیاورده بود، اندیشه‌ای چنان هیجان‌انگیز در سر داشت که سفر ماه عسل خود را به تعویق انداخت تا مقاله‌ای را بنویسد که بعدها نقشی دوران‌ساز پیدا کرد. از آنجا که فیزیک دان‌ها نمی‌توانستند چیزی به کوچکی اتم را ببینند مجبور بودند ساختمان آن را از روی رفتارش به هنگامی که توسط ایشان در آن دخالت می‌شد حدس بزنند، درست مانند کار رادرفرد در زمانی که با ذرات آلفا به زرورق شلیک کرد. جای تعجب نیست که گاهی، این آزمایش‌ها نتایجی گیج کننده به دنبال داشتند. یک معما که از سال‌ها قبل لاینحل باقی مانده بود خواندن طیف‌های طول موج هیدروژن بود. این طیف‌ها موجب تولید الگوهایی می‌شدند که نشان می‌دادند اتم‌های هیدروژن در برخی طول موج‌ها از خود انرژی ساطع می‌کنند و در برخی دیگر ساطع نمی‌کنند. وضع چنان بود که گویی شخصی به صورت مراقب، دایماً بر مقدار انرژی می‌افزاید ولی هیچگاه در حال حرکت بین آن دو مشاهده نمی‌شود. هیچ کس نمی‌توانست به علت این پدیده پی ببرد.

بور در حالی که با آشفتگی حاصل از این مسأله دست و پنجه نرم می‌کرد ناگهان به راه حلی رسید و مقالهٔ معروفش را با شتاب تمام نوشت. در این مقاله که «دربارهٔ ساختمان اتمها و مولکول‌ها» نام داشت شرح داده می‌شد که چگونه الکترون‌ها، با فرض اینکه می‌توانند فقط مدارهای دقیقاً از پیش تعیین شده‌ای را

اشغال کنند، می‌توانند خود را از سقوط به درون هسته حفظ کنند.

بر طبق این نظریهٔ جدید، الکترونی که بین مدارها حرکت می‌کند از یک مدار ناپدید و همزمان در مداری دیگر ظاهر می‌شود بدون آنکه به فضای بین آن دو داخل شود. البته این اندیشه ـ «جهش کوانتومی» معروف ـ تماماً غیرعادی بود، اما آن قدر زیادی خوب بود که نمی‌توانست حقیقت داشته باشد. نه فقط الکترون‌ها را از حرکت مارپیچی فاجعه‌بار و رفتن به درون هسته نجات می‌داد؛ بلکه طول موج‌های حیرت‌انگیز هیدروژن را نیز تبیین می‌کرد. الکترون‌ها فقط در برخی مدارها ظاهر می‌شدند چون فقط در برخی مدارها وجود داشتند. نظریه‌ای درخشان بود و در سال ۱۹۲۲ جایزه نوبل در رشتهٔ فیزیک را یک سال پس از اینشتین نصیب نیلس بور کرد.

در این ضمن، رادرفرد خستگی‌ناپذیر که این زمان به عنوان جانشین سِر جوزف جان تامسن در مقام رییس آزمایشگاه کَوِندیش به کیمبریج بازگشته بود، به مدلی دست یافت که علت منفجر نشدن هسته‌ها را تبیین می‌کرد. او متوجه شد که هسته باید با نوعی از ذرات خنثی کننده که خودش آن‌ها را نوترون می‌نامید به حالت تعادل درآید. این اندیشه، بسیار ساده و جالب بود اما اثباتش آسان نبود. جیمز چدویک همکار رادرفرد، یازده سال تمام کوشید تا سرانجام در سال ۱۹۳۲ نوترون را شکار کرد. او نیز در سال ۱۹۳۵ برندهٔ جایزهٔ نوبل در رشتهٔ فیزیک شد. همچنان که بور و همکارانش در تاریخ این علم متذکر شده‌اند، تأخیر در کشف مذکور بسیار خوب و بجا بود زیرا کشف نوترون و شناخت آن برای طراحی و ساخت بمب اتمی ضرورت داشت. (چون نوترون‌ها فاقد بار هستند، به وسیلهٔ میدان‌های الکتریکی واقع در قلب اتم دفع نمی‌شوند و به همین دلیل می‌توان آن‌ها را مانند اژدرهایی کوچک به درون هستهٔ اتم شلیک کرد و موجب شروع فرآیند نابودکنندهٔ معروف به شکافت هسته‌ای شد.) آن‌ها متذکر می‌شوند که اگر نوترون در دههٔ ۱۹۲۰ جدا شده بود، «به احتمال بسیار زیاد نخستین بمب اتمی در اروپا و بدون تردید توسط آلمان‌ها ساخته می‌شد.»

همچنان که می‌دانیم، اروپایی‌ها با دست پُر می‌کوشیدند از رفتار عجیب و غریب الکترون سر درآورند. مسألهٔ مهمی که آن‌ها پیش‌رو داشتند این بود که الکترون گاهی مانند یک ذره رفتار می‌کرد گاهی مانند یک موج. این دوگانگی

غیرممکن، فیزیک‌دان‌ها را تا مرز آشفتگی مطلق پیش برد. در طی یک دههٔ بعد، آن‌ها در سراسر اروپا خشمگینانه می‌اندیشیدند و می‌نوشتند و فرضیه از پی فرضیه پیشنهاد می‌کردند. در فرانسه، پرنس لویی- ویکتور دو برولی، از خاندان کنت‌های فرانسوی، متوجه شد که برخی ناهنجاری‌های رفتاری الکترون‌ها در هنگامی که به عنوان موج در نظر گرفته می‌شوند ناپدید می‌شود. این اظهار نظر، توجه اروین شرودینگر اتریشی را به خود جلب کرد و او توانست برخی اصلاحات و ریزه‌کاری‌ها انجام دهد و سیستمی قابل استفاده به نام مکانیک موجی پیشنهاد کند. تقریباً در همان زمان، ورنر هایزنبرگ فیزیک‌دان آلمانی، به نظریه‌ای دیگر به نام مکانیک ماتریسی رسید که با آن نظریه رقابت می‌کرد. این نظریه به قدری از لحاظ ریاضی پیچیده بود که به سختی کسی پیدا می‌شد که آن را درک کند، از جمله خود هایزنبرگ (یک بار هایزنبرگ مأیوسانه به یکی از دوستانش گفت «اصلاً نمی‌دانم ماتریس چیست»)، اما به نظر می‌رسید موجب حل پاره‌ای مسایل شده است که نظریهٔ موجی شرودینگر از تبیین آن‌ها عاجز بود.

حاصل کلام آنکه علم فیزیک با استفاده از مقدمات متضاد، صاحب دو نظریه‌ای شد که به نتایج مشابه انجامیدند. وضعیتی غیر ممکن پیش آمده بود.

سرانجام، هایزنبرگ در سال ۱۹۲۶ به راه حلی میانی رسید که بسیار عالی بود و رشتهٔ جدیدی را پی‌ریزی کرد که بعدها عنوان مکانیک کوانتومی نام گرفت. محور این رشتهٔ جدید را اصل عدم قطعیت هایزنبرگ تشکیل می‌دهد که می‌گوید الکترون یک ذره است اما ذره‌ای است که می‌توان با مشخصات موجی توصیفش کرد. عدم قطعیتی که این نظریه بر محور آن شکل گرفته از این قرار است که می‌توانیم مسیر الکترون را به هنگام حرکت در فضا مشخص سازیم یا بگوییم در فلان لحظهٔ خاص در کجا واقع شده است، اما هر دو مورد را نمی‌توانیم با هم تشخیص دهیم.* هرگونه تلاش برای اندازه‌گیری یکی، به طرزی اجتناب‌ناپذیر

---

* در استفاده از واژهٔ عدم قطعیت (*uncertainty*) در مورد اصل هایزنبرگ، اندکی عدم قطعیت وجود دارد. مایکل فرین در مؤخره‌ای بر نمایشنامهٔ کپنهاک متذکر می‌شود که چندین واژه در زبان آلمانی ـ *Unsicherheit* ،*Unscharfe* ،*Unbestimmtheit* ـ توسط مترجمان مختلف به کار برده شده است، اما هیچ یک از آن‌ها معادلی برای *Uncertainty* (عدم قطعیت) انگلیسی نمی‌شود. فرین معتقد است که واژهٔ *indeterminacy* (نامعینی)، اصطلاحی بهتر برای بیان آن اصل است، و اصطلاح *indeteminability* (عدم قابلیت تعیین) از آن هم بهتر است.

موجب آشفتگی در دیگری خواهد شد. این به معنی نیاز صرف به ابزارهای دقیق‌تر نیست، بلکه یکی از خواص تغییرناپذیر و ابدی کائنات است.

معنی عملی این سخن آن است که ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم محل حضور یک الکترون را در هر لحظهٔ خاصی پیش بینی کنیم. فقط می‌توانیم فهرستی از احتمالات مربوط به حضورش در آن لحظه تهیه کنیم. به یک معنی، همچنان که دنیس اووربای متذکر شده است، الکترون تا زمانی که مشاهده نشده است وجود ندارد. یا به عبارتی اندک متفاوت، الکترون را تا زمانی که مشاهده نشده باید چنین توصیف کرد که «در آن واحد همه جا هست و هیچ‌جا نیست.»

اگر این توصیف گیج کننده به نظر می‌رسد، خیال‌تان راحت باشد که برای خود فیزیک‌دان‌ها نیز گیج کننده بود. اووربای می‌نویسد: «یک بار نیلس بور اظهار نظر کرد شخصی که نخستین‌بار پس از شنیدن مطالبی دربارهٔ نظریهٔ کوانتومی خشمگین شد، آنچه را که گفته شده بود نفهمید.» وقتی از هایزنبرگ پرسیدند چگونه می‌توان اتم را در تصور آورد، پاسخ داد: «دنبالش نروید.»

بدین ترتیب، تصویر اتم با آنچه بسیاری از مردم در ذهن خود آفریده بودند بسیار متفاوت از آب درآمد. الکترون، مانند سیاره‌ای که به گرد خورشید خود می‌چرخد، به گرد هسته در پرواز نیست بلکه به جای آن، به شکل یک ابر نامنظم یا بی‌شکل در می‌آید. پوستهٔ اتم، برخلاف آنچه گاهی از دیدن تصویر آن استنباط می‌شود، محفظه‌ای سخت و براق نیست، بلکه خارجی‌ترین ابر الکترونی از میان ابرهای نامشخص است. خود ابر، اساساً فقط یک منطقهٔ احتمالات آماری است و منطقه‌ای را مشخص می‌سازد که الکترون بسیار به ندرت ممکن است از آن خارج شود. بدین ترتیب، اتم در صورتی که بتوان مشاهده‌اش کرد، بیشتر به یک توپ پرزدار تنیس شباهت دارد تا یک گوی فلزی سخت (اما به هیچ یک از آن دو نیز زیاد شباهت ندارد، یا به عبارت دقیق‌تر، مانند هیچ چیزی نیست که شما تاکنون دیده باشید. رویهمرفته ما در اینجا با دنیایی بسیار متفاوت با دنیای مریی پیرامون‌مان سر و کار داریم).

چنین به نظر می‌رسید که شگفتی‌های دنیای اتم را پایانی نیست. همچنان که جیمز ترفیل متذکر شده است، دانشمندان نخستین بار با «منطقه‌ای از کائنات روبه رو شده بودند که مغز انسان تجهیزات لازم برای درک آن را در اختیار

نداشت.» یا همچنان که فاینمن می‌گوید: «اشیای دارای مقیاس کوچک، رفتاری دارند که به هیچ‌وجه به رفتار اشیای دارای مقیاس بزرگ شبیه نیست.» فیزیک‌دان‌ها هرچه ژرف‌تر به کاوش‌های خود ادامه می‌دادند متوجه می‌شدند دنیایی را کشف کرده‌اند که در آن الکترون‌ها نه فقط می‌توانند از مداری به مداری دیگر بجهند بی‌آنکه از هیچ‌گونه فضای بین مداری عبور کنند، بلکه ماده نیز می‌تواند از هیچ به وجود آید ـ البته، همچنان که الن لایتمن از انستیتوی فناوری ماساچوست می‌گوید: «به شرط آنکه دوباره با شتاب کافی ناپدید شود.»

جالب‌ترین موارد عدم احتمالات کوانتومی شاید اندیشه‌ای باشد که در سال ۱۹۲۵ از اصل طرد ولفگانگ پاولی استنباط شد، بدین مضمون که برخی ذرات زیر اتمی مزدوج، حتی زمانی که به وسیلهٔ بزرگترین فواصل ممکن از یکدیگر جدا شوند، هر یک می‌توانند در یک آن «بدانند» آن زوج دیگر چه می‌کند. ذرات، خاصیتی دارند که اسپین (چرخش) نامیده می‌شود و بر طبق نظریهٔ کوانتومی، در لحظه‌ای که اسپین یک ذره تعیین می‌شود، ذرهٔ خواهر آن، صرفنظر از این که در چه فاصله‌ای از آن قرار گرفته باشد بی‌درنگ در جهت مخالف و با همان سرعت به چرخش می‌پردازد.

وضع طوری است که به گفتهٔ لاورنس جوزف نویسندهٔ کتاب‌های علمی، گویی دو استخر مشابه پر از توپ در اختیار داریم، یکی در اوهایو و آن دیگری در فیجی، و درست در همان لحظه که یکی از توپ‌ها را به اسپین (چرخش) در می‌آوریم آن توپ دیگری در جهت مخالف و درست با همان سرعت به اسپین (چرخش) در می‌آید. نکتهٔ قابل توجه اینجاست که این پدیده در سال ۱۹۹۷ یعنی زمانی اثبات شد که فیزیک‌دانان دانشگاه ژنو در سویس، فوتون‌ها را تا مسافت هفت مایل در جهات مخالف فرستادند و اثبات کردند که دخالت در یک فوتون موجب برانگیخته شدن پاسخ آنی در فوتون دیگر می‌شود.

موضوع چنان اوج گرفت که نیلس بور در یک کنفرانس ضمن صحبت از یک نظریهٔ جدید اظهار داشت که مساله این نیست که با پدیده‌ای عجیب و غریب سر و کار داریم بلکه این است که آیا این پدیده به قدر کافی عجیب و غریب است یا نه. شرودینگر برای نشان دادن ماهیت غیر شهودی دنیای کوانتومی، یک تمرین فکری معروف را مطرح ساخت که در آن یک گربهٔ فرضی به همراه یک اتم

از یک جسم رادیواکتیو متصل به آمپولی از اسید هیدروسیانیک، در داخل یک جعبه قرار داده می‌شود. اگر ذرهٔ مزبور به فاصلهٔ یک ساعت تجزیه شود باعث فعال شدن مکانیسمی خواهد شد که آمپول را می‌شکند و گربه را مسموم می‌کند. اگر چنین نشود، گربه زنده می‌ماند. ولی ما نمی‌توانیم بگوییم وضع از چه قرار است، بنابراین از لحاظ علمی هیچ راهی جز این نیست که گربه را در آن واحد ۱۰۰ درصد زنده و ۱۰۰ درصد مرده در نظر بگیریم. همچنان که استیفن هاوکینگ با اندکی هیجان قابل درک بیان کرده است، این بدان معنی است که «اگر انسان نمی‌تواند وضعیت کنونی کائنات را دقیقاً اندازه‌گیری کند حوادث آینده را نیز نمی‌تواند دقیقاً پیش بینی کند.»

بسیاری از فیزیک‌دان‌ها نظریهٔ کوانتومی را به علت غرابت‌هایش یا دست کم به علت پاره‌ای جنبه‌های موجود در آن نپسندیدند، که اینشتین از این لحاظ نفر اول بود. این، تا حدودی با یک طنز همراه بود زیرا همو بود که در سال پر معجزهٔ ۱۹۰۵ به شکلی بسیار مستدل توضیح داد که چگونه فوتون‌های نور می‌توانند گاهی مانند ذرات رفتار کنند گاهی مانند امواج ـ نظریه‌ای که محور فیزیک نوین را تشکیل می‌دهد. اینشتین با آنکه این سخن را نمی‌پسندید، مودبانه گفت: «نظریهٔ کوانتومی شایستهٔ توجه بسیار است. خداوند تاس بازی نمی‌کند.»*

اینشتین نمی‌توانست این نظریه را بپذیرد که خداوند می‌تواند کائناتی بیافریند که برخی چیزهای آن تا ابد ناشناختنی باشند. گذشته از این، اندیشهٔ حرکت در مسافتی دوردست ـ بدین معنی که یک ذره می‌تواند همزمان در ذره‌ای دیگر در فاصلهٔ چند تریلیون مایلی تأثیر بگذارد ـ سرپیچی آشکار از اصول نظریهٔ نسبیت خصوصی است. در این نظریه به صراحت گفته می‌شود که هیچ سرعتی در کائنات نمی‌تواند به سرعت نور برسد و با این حال، فیزیک‌دان‌ها در اینجا اصرار داشتند که اطلاعات در سطح زیر-اتمی، می‌تواند به سرعت نور برسد. (از قضا تاکنون هیچ فیزیک‌دانی چگونگی رسیدن ذرات به چنین سرعتی

---

* یا دست کم، مساله تقریباً همیشه به این شکل بیان می‌شود. عبارت دقیقی که اینشتین به کار برد چنین است: «به نظر می‌رسد دزدکی نگاه کردن به ورق‌های خداوند سخت است. اما اینکه گفته می‌شود خداوند تاس‌بازی می‌کند و از روش‌های «تله‌پاتی» استفاده می‌کند... سخنی است که من نمی‌توانم حتی یک لحظه باورش کنم.»

را تبیین نکرده است. به گفتهٔ یاکیر آهارانف فیزیک‌دان، دانشمندان با این مسأله سروکار داشته‌اند «اما دربارهٔ آن نیندیشیده‌اند.»)

بویژه، مشکل اینجا بود که فیزیک کوانتوم با چنان سطحی از بی‌نظمی و آشفتگی همراه گردید که پیش از آن در علم سابقه نداشت. در یک آن، برای تبیین رفتار کائنات، وجود دو مجموعه قانون ضرورت پیدا کرد ـ نظریهٔ کوانتومی برای دنیای ذرات بسیار ریز و نسبیت برای دنیای بزرگ‌تر در ورای آن. جاذبهٔ نسبیت در تبیین علت چرخش سیارات به گرد خورشید یا تمایل کهکشان‌ها به خوشه‌ای شدن، بی‌نظیر بود اما معلوم شد که در سطح ذره‌ای هیچ نفوذی ندارد. برای تبیین اینکه چرا اتم‌ها در کنار یکدیگر نگه‌داشته می‌شوند به وجود نیروهای دیگری نیاز بود، و در دههٔ ۱۹۳۰ دو نیرو کشف شدند: نیروی قوی هسته‌ای و نیروی ضعیف هسته‌ای. نیروی قوی، اتم‌ها را به یکدیگر اتصال می‌دهد؛ این همان نیرویی است که به پروتون‌ها امکان می‌دهد که باهم در درون هسته جا خوش کنند. نیروی ضعیف، وظایف پراکنده‌تری بر عهده می‌گیرد، به ویژه برای کنترل سرعت برخی انواع واپاشی رادیواکتیوی.

نیروی ضعیف هسته‌ای، بر خلاف نامش، ده میلیارد میلیارد میلیارد برابر از نیروی گرانش قوی‌تر است، و نیروی قوی هسته‌ای از آن هم قوی‌تر است ـ عملاً بسیار قوی‌تر ـ اما دامنهٔ نفوذشان فقط به ریزترین ذرات محدود می‌شود. دامنهٔ نفوذ نیروی قوی هسته‌ای فقط تا حدود یک صد هزارم قطر یک اتم می‌رسد. به همین دلیل است که هستهٔ اتم چنین فشرده و متراکم است و عناصر دارای هستهٔ بزرگ و پر ازدحام، معمولاً ناپایدار هستند: نیروی قوی هسته‌ای نمی‌تواند به تمام پروتون‌ها بچسبد.

حاصل این همه آن است که فیزیک به دو مجموعه قوانین دست پیدا می‌کند ـ یک مجموعه قوانین برای دنیای ذرات بسیار خُرد، و یک مجموعهٔ دیگر برای کائنات به طور کلی ـ که عمری کاملاً مستقل از یکدیگر دارند. اینشتین این نکته را نیز دوست نداشت. او باقی ماندهٔ سال‌های عمرش را به پژوهش برای پیدا کردن راهی به منظور به هم وصل کردن این سرنخ‌های رها شده از طریق یک نظریهٔ یکپارچه و فراگیر گذراند، و همواره ناکام شد. هرچند وقت یک بار تصور می‌کرد که به چنین نظریه‌ای دست یافته است، ولی سرانجام

معلوم می‌شد که تمام رشته‌هایش پنبه شده‌اند. با گذشت زمان، او روز به روز گوشه‌گیرتر و حتی تا اندازه‌ای ترحم‌انگیز می‌شد. چارلز پرسی اسنو می‌نویسد: «همکارانش، تقریباً بدون استثنا، معتقد بودند و هنوز هم معتقد هستند که او نیمهٔ دوم عمرش را به هدر داد.»

اما پیشرفت واقعی در جاهای دیگر همچنان ادامه داشت. تا اواسط دههٔ ۱۹۴۰ دانشمندان به نقطه‌ای رسیده بودند که اتم را در سطحی بی‌نهایت عمیق درک کنند ــ همچنان که تماماً و به طرزی مؤثر در ماه اوت ۱۹۴۵ با منفجر کردن دو بمب اتمی بر فراز ژاپن، این واقعیت را اثبات کردند.

در همین نقطه بود که می‌شد این اندیشهٔ فیزیک‌دان‌ها را که گمان می‌کردند یکسره بر اتم مسلط شده‌اند، پذیرفت. به عبارت دقیق‌تر، هر آنچه در فیزیک ذرات مطرح بود در آستانهٔ پیچیده‌تر شدن قرار می‌گرفت. اما پیش از پرداختن به آن داستان خسته کننده، باید گوشهٔ دیگری از تاریخ بشر را با بررسی یک داستان مهم و عبرت‌انگیز دربارهٔ حرص، فریب‌کاری، علم زیانبار، چندین مرگ ناخواسته و غیرضروری و تعیین نهایی عمر کرهٔ زمین روشن سازیم.

# ۱۰ سرب از همه جا رانده می‌شود

در اواخر دهۀ ۱۹۴۰ یک دانشجوی دورۀ فوق لیسانس از دانشگاه شیکاگو به نام کلر پترسُن (که با نام کوچکش، در یکی از مزارع ایالت آیووا کار می‌کرد) از روش جدید اندازه‌گیری ایزوتوپ سرب برای پیدا کردن عمر قطعی کرۀ زمین استفاده می‌کرد. متأسفانه تمام نمونه‌های مورد استفاده‌اش آلوده ـ معمولاً بسیار زیاد ـ از کار در آمدند. سطح سرب اغلب نمونه‌ها حاوی چیزی در حدود دویست برابر سطوحی بود که معمولاً انتظار می‌رود به آن برخورد شود. می‌بایست سال‌ها سپری می‌شدند تا پترسن پی ببرد که علت این آلودگی به یک مخترع رقت‌انگیز اوهایویی به نام تامس میجلی (پسر) باز می‌گردد.

میجلی در رشتۀ مهندسی تحصیل کرده بود، و بدون تردید اگر در شغل خود باقی مانده بود جهان به جایی امن‌تر تبدیل می‌شد. به جای این کار، به کاربردهای صنعتی علم شیمی علاقمند شد. در سال ۱۹۲۱ ضمن کار برای شرکت تحقیقاتی جنرال موتورز در دیتون از ایالت اوهایو، ماده مرکبی را مورد بررسی و آزمایش قرار داد که تترااتیل سرب نامیده می‌شد، و به این نتیجه رسید که مادۀ مذکور به طرز چشمگیری موجب کاهش تکان‌هایی می‌شود که کوبش موتور نام دارند.

با آنکه بیشتر دانشمندان با خطرناک بودن سرب آشنا بودند، در نخستین سال‌های سدۀ بیستم می‌شد آن را در تمام محصولات مصرفی پیدا کرد. غذا را در قوطی‌های مسدود شده با لحیم سربی به بازار عرضه می‌کردند. آب معمولاً در مخزن‌های دارای روکش سربی ذخیره می‌شد. به شکل آرسنات سرب به عنوان آفت‌کش به روی میوه پاشیده می‌شد. حتی در بسته‌بندی خمیردندان از آن استفاده می‌شد. به ندرت می‌شد محصولی را یافت که اندکی سرب با آن به

زندگی مصرف کنندگان راه نیابد. اما هیچ کاری بیش از افزودن سرب به بنزین موجب ماندگارتر شدن و نزدیکتر شدن آن به انسان نشد.

سرب یک سم عصبی است. اگر مقدار زیادی از آن وارد بدن شود می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیر به مغز و دستگاه مرکزی اعصاب برساند. در میان بسیاری از نشانه‌های افزایش سرب در بدن می‌توان به کوری، بی‌خوابی، بیماری کلیه، آسیب دیدن شنوایی، سرطان، انواع فلج، و تشنج اشاره کرد. در حادترین شکل، موجب هذیان‌های ناگهانی و خوفناک می‌شود که به یک اندازه برای مبتلایان و ناظران نگران کننده است و پس از آن به اغما و مرگ مبتلایان می‌انجامد. هیچ انسانی نیاز به جذب این همه سرب در بدن خود ندارد.

از طرف دیگر، استخراج سرب و کار کردن با آن آسان و تولید صنعتی آن به طرز نامطلوبی سودآورد بود ــ و تترااتیل سرب، حقیقتاً هم کوبش موتورها را متوقف ساخت. بدین ترتیب در سال ۱۹۲۳ سه شرکت بزرگ آمریکایی یعنی جنرال موتورز، دو پونت، و استاندارد اویل آو نیو جرسی، شرکتی مشترک به نام شرکت اتیل بنزین (که بعدها به اختصار شرکت اتیل نامیده شد) تشکیل دادند و هدف‌شان آن بود که تترااتیل سرب مورد نیاز جهان را تولید و عرضه کنند، که به معنی کسب سودهای کلان بود. آن‌ها این مادهٔ افزوده شده به بنزین را به این دلیل «اتیل» نامیدند که در مقایسه با واژهٔ «سرب» خیلی دوست داشتنی‌تر و کمتر سمی به نظر می‌رسید، و در تاریخ ۱ فوریهٔ ۱۹۲۳ (به شکل‌هایی بمراتب بیش از آنچه اغلب افراد تشخیص می‌دادند) روانهٔ بازار کردند.

چیزی نگذشته بود که کارگران تولید کنندهٔ محصولات جدید تدریجاً نشانه‌های تلوتلو خوردن و گیجی را از خود بروز دادند، که به معنی مسمومیت تازه بود. همچنین، شرکت اتیل تقریباً در یک آن سیاست انکار آرام اما انعطاف‌ناپذیرانه را در پیش گرفت که تا چندین دههٔ بعد بسیار مؤثر واقع شد. همچنان که خانم شارون برچ مک گرین در کتاب جذاب خود به نام پرومتئوس‌ها در آزمایشگاه در زمینهٔ تاریخ شیمی صنعتی می‌گوید، وقتی نشانه‌های هذیان‌گویی برگشت‌ناپذیر در کارکنان یک کارخانه مشاهده شد، نمایندهٔ آن‌ها خونسردانه به گزارشگران گفت: «این افراد احتمالاً چون خیلی سخت کار می‌کردند دیوانه شده‌اند.» بر روی هم بیش از پنجاه کارگر در نخستین روزهای تولید بنزین

سرب‌دار جان خود را از دست دادند، و خدا می‌داند چه تعداد دیگری به بیماری غالباً لاعلاج مبتلا شدند، تعداد دقیق این گونه کارگران بر کسی معلوم نشده است زیرا کارخانهٔ اتیل معمولاً موفق می‌شد خبرهای نگران کنندهٔ نشت‌ها، ریزش‌ها، و مسمومیت‌ها را پنهان سازد. اما گاهی پنهان کردن خبرها غیرممکن می‌شد، بویژه در سال ۱۹۲۴ که پنج کارگر بخش تولید به فاصلهٔ چند روز فوت کردند و سی و پنج کارگر دیگر به آسیب‌های دایمی در یک کارخانهٔ فاقد تجهیزات تهویه گرفتار شدند.

با انتشار شایعات مربوط به خطرات محصول جدید، مخترع سرخوش اتیل یعنی تامس میجلی تصمیم گرفت یک جلسهٔ تشریحی و نمایشی برای کاستن از نگرانی‌های گزارشگران با ایشان تشکیل دهد. همچنان که او از تعهد شرکت در قبال تأمین و رعایت ایمنی سخن می‌گفت تترااتیل سرب را روی دست‌های خود ریخت، سپس یک بشر را پر از تترااتیل کرد و به مدت ۶۰ ثانیه جلوی بینی‌اش گرفت، و در تمام این مدت ادعا کرد که این مراحل را می‌تواند هر روز تکرار کند و آسیبی نبیند. به عبارت دقیق‌تر، میجل خیلی خوب خطرات مسمومیت با سرب را می‌شناخت: چند ماه پیش از آن، بر اثر جذب مقادیر اضافی سرب شدیداً بیمار شده بود و این بار، جزء در مواردی که می‌کوشید گزارشگران را متقاعد کند، تا جایی که می‌توانست هیچ‌گاه به آن نزدیک نشد.

میجلی که از موفقیت بنزین سرب‌دار قدرت گرفته بود به یک مسأله فنی دیگر زمانه پرداخت. یخچال‌های دهـهٔ ۱۹۲۰ غالباً به علت استفاده از گازهای خطرناکی که گاهی نشت می‌کردند به طرز وحشتناکی پرمخاطره بودند. در یک مورد، بر اثر نشت گاز یخچال در کلیولند از ایالت اوهایو، بیش از ۱۰۰ نفر در سال ۱۹۲۹ جان باختند. میجلی دست اندرکار تولید گازی شد که پایدار، اشتعال‌ناپذیر، غیرخورنده و بی‌خطر به هنگام تنفس باشد. او با برخورداری از غریزه‌ای تقریباً مرموز برای شناخت چیزهای تأسف‌انگیز، گازهای کلروفلوروکربن (CFC) را ابداع کرد.

به ندرت پیش آمده است که یک محصول صنعتی به این سرعت یا با این وضعیت تأسف‌بار از سوی جامعه پذیرفته شده باشد. گازهای CFC در اوایل دهۀ ۱۹۳۰ به مرحلهٔ

تولید رسیدند و چنان در هر کاری از کولر اتومبیل گرفته تا افشانه‌های بوبر هزاران مورد مصرف پیداکردند که پیش از آنکه کسی متوجه شود، یعنی نزدیک به پنجاه سال به بلعیدن و نابودکردن لایهٔ اوزون در استراتوسفر (گستر سپهر) ادامه می‌دادند. همچنان که در آینده خواهیم دید، این اختراع به هیچ وجه مفید نبود.

اوزون شکلی از اکسیژن است که در آن هر مولکولی به جای دو اتم، سه اتم اکسیژن دارد. از یک لحاظ که در سطح زمین در ردیف آلاینده‌ها قرار می‌گیرد ولی در سطح بالاتر یعنی در استراتوسفر برای بشر مفید واقع می‌شود (چون اشعهٔ ماورای بنفش را به خود جذب می‌کند) از عجایب علم شیمی است. اما همین اوزون سودمند به حال بشر، خیلی فراوان نیست. اگر کل اوزون موجود به طور یکنواخت در سراسر استراتوسفر توزیع شود لایه‌ای به ضخامت یک اینچ یا اندکی بیشتر به وجود می‌آورد. به همین دلیل است که چنین آسان آسیب می‌بیند و این گونه آسیب‌ها نیز در اندک زمانی حالت بحرانی پیدا می‌کنند.

کلروفلوروکربن‌ها نیز خیلی فراوان یافت نمی‌شوند ـ فقط یک قسمت از هر یک میلیارد قسمت اتمسفر را به طور کلی تشکیل می‌دهند ـ اما به طرزی افراطی ویرانگر و نابودکننده‌اند. یک پوند از CFCها می‌تواند هفتاد هزار پوند از اوزون اتمسفر را شکار و نابود کند. همچنین، CFCها در مدت طولانی ـ در حدود یک سده به طور متوسط ـ در محیط باقی می‌مانند، و در این مدت دایماً آسیب می‌رسانند. علاوه بر این، مانند یک سپر گرمایی بزرگ عمل می‌کنند. تأثیر یک مولکول تنهای CFC در تشدید اثرات گلخانه‌ای تقریباً ده هزار برابر تأثیر یک مولکول دی اکسید کربن است ـ که البته خود دی‌اکسیدکربن نیز به عنوان یک گاز گلخانه‌ای بسیار فعال و مؤثر است. خلاصهٔ کلام آنکه کلروفلوروکربن‌ها ممکن است نهایتاً زیانبارترین اختراع یا دستاورد بشر در سدهٔ بیستم معرفی شوند.

خود میجلی هرگز اطلاعی از این خطرات اختراعش نداشت زیرا سال‌ها پیش از آنکه به درجهٔ ویرانگری CFCها پی ببرد چشم از جهان فرود بسته بود. مرگ او نیز خود به حادثه‌ای فراموش نشدنی تبدیل شد. میجلی پس از آنکه بر اثر بیماری فلج زمین‌گیر شد، دستگاهی اختراع کرد که از یک رشته قرقره‌های متصل به موتور تشکیل می‌شد و او را به طور خودکار از جا بلند می‌کرد یا در تختخوابش این پهلو آن پهلو می‌کرد. در سال ۱۹۴۴، وقتی دستگاه روشن شد او در میان سیم‌ها و کابل‌ها گیر افتاد و خفه شد.

اگر شما در ردیف اشخاص علاقمند به آگاهی یافتن از عمر هر چیزی قرار می‌داشتید می‌بایست در دههٔ ۱۹۴۰ در دانشگاه شیکاگو حضور می‌یافتند. ویلارد لیبی دست اندرکار اختراع روش تاریخ‌گذاری از طریق کربن پرتوزا (رادیوکربن) بود و به دانشمندان امکان داد تا عدد دقیق عمر استخوان‌ها و دیگر بقایای آلی را پیدا کنند، چون سابقاً هیچ‌گاه از عهدهٔ این کار برنیامده بودند. تا آن تاریخ، کهن‌ترین تاریخ‌های قابل اطمینان از تاریخ نخستین سلسلهٔ پادشاهان مصر یعنی ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد فراتر نمی‌رفت. مثلاً هیچ کسی نمی‌توانست با اطمینان بگوید آخرین لایه‌های یخ در چه تاریخی از سطح کرهٔ زمین عقب نشستند یا انسان کرومانیون در چه تاریخی نقاشی‌های غارهای لاسکو را در فرانسه بر روی دیوارهای آن غارها کشیده بود.

اندیشهٔ لیبی به قدری سودمند واقع شد که در سال ۱۹۶۰ جایزهٔ نوبل به او اعطا شد. این اندیشهٔ بر این واقعیت استوار بود که تمام موجودات زنده در درون خود یک ایزوتوپ کربن دارند که کربن ۱۴ نامیده می‌شوند. این کربن از لحظه‌ای که موجود زنده می‌میرد با سرعتی قابل اندازه‌گیری شروع به واپاشی می‌کند. کربن ۱۴ نیم عمر دارد ــ و آن زمان لازم برای ناپدید شدن نیمی از هر نمونه است* که به حدود ۵۶۰۰ سال می‌رسد. بدین ترتیب لیبی با محاسبهٔ اینکه چه مقداری از یک نمونهٔ خاص کربن واپاشیده شده است، توانست عمر یک شیء را دقیقاً تعیین کند ــ هر چند فقط تا نقطه‌ای مشخص. پس از گذشت هشت نیم

---

* اگر تاکنون از خودتان پرسیده باشید که اتم‌ها چگونه تعیین می‌کنند که کدام ۵۰ درصد آن‌ها از میان خواهد رفت و کدام ۵۰ درصد برای دورهٔ بعدی خواهد ماند پاسخ چنین است که این نیم عمر در واقع نوعی تسهیل کنندهٔ آماری است ــ نوعی جدول آماری برای چیزهای مادی. تصور کنید نمونه‌ای از ماده‌ای را در اختیار دارید که نیم عمرش ۳۰ ثانیه است. معنی این سخن آن نیست که تک تک اتم‌های این نمونه دقیقاً تا ۳۰ یا ۶۰ ثانیه یا ۹۰ ثانیه یا هر دورهٔ دقیقاً تعیین شدهٔ دیگری دوام خواهند آورد. هر اتم، عملاً تا زمانی چنان نامشخص باقی خواهد ماند که هیچ ارتباطی با مضرب‌های ۳۰ پیدا نمی‌کند؛ ممکن است تا ۲ ثانیه از همین الان باقی بماند یا ممکن است چرخشی پیدا کند و تا چند سال یا چند دهه یا چند سدهٔ آینده به حیاتش ادامه دهد. هیچ معلوم نیست. اما آنچه می‌توان گفت این است که سرعت ناپدید شدن برای هر نمونه طوری خواهد بود که نیمی از اتم‌ها هر ۳۰ ثانیه ناپدید خواهند شد. به عبارت دیگر، این یک سرعت میانگین است و می‌توان آن را در مورد هر نمونهٔ بزرگتر نیز به کار گرفت. مثلاً یک بار، شخصی به این نتیجه رسید که نیم عمر سکه‌های ده سنتی آمریکایی در حدود ۳۰ سال است.

عمر، فقط یک دویست و پنجاه و ششم کربن رادیواکتیو اولیه باقی می‌ماند، که برای انجام یک اندازه‌گیری قابل اطمینان خیلی کوچک تلقی می‌شود. بنابراین، روش تاریخ‌گذاری از طریق کربن پرتوزا فقط در مورد اشیایی قابل استفاده است که قدمت‌شان به حدود چهل هزار سال یا بیشتر برسد.

شگفت‌آور اینجاست که درست همزمان با گسترش استفاده از این روش، برخی معایب آن نیز تدریجاً آشکار شد. نخست آنکه معلوم شد یکی از اجزای اصلی فرمول لیبی، که ثابت واپاشی نامیده می‌شود، در حدود ۳ درصد خطا داشت. اما تا این زمان هزاران اندازه‌گیری در سراسر جهان به عمل آمده بود. دانشمندان به جای اعلام نتایج اندازه‌گیری‌های جدید تصمیم گرفتند ثابت خطادار را حفظ کنند. تیم فلنری می‌گوید: «بدین ترتیب هر تاریخ تعیین شده از طریق کربن پرتوزا که امروزه در اختیار مردم قرار می‌گیرد معادل ۳ درصد جوان‌تر یا کوچکتر تعیین شده است.» ولی مسأله به همین‌جا ختم نشد. همچنین، خیلی زود معلوم شد که نمونه‌های کربن ۱۴ ممکن است به سادگی توسط کربن حاصل از منابع دیگر ـ مانند یک تکه آشغال سبزی که همراه با نمونه از محل برداشته شده و کسی متوجه آن نشده است ـ آلوده شوند. در مورد نمونه‌های جوان‌تر ـ نمونه‌هایی که عمرشان به بیست هزار سال یا اندکی بیشتر می‌رسد ـ وجود اندکی آلودگی نمی‌تواند اهمیت چندانی پیدا کند اما در نمونه‌های کهن‌تر می‌تواند به مساله‌ای جدی تبدیل شود زیرا اتم‌های باقی ماندهٔ بسیار اندکی شمارش می‌شوند. در مورد نخست، به گفتهٔ فلنری، مثل این است که یک دلار در شمارش هزار دلار خطا داشته باشیم. در مورد دوم، مثل این است که یک دلار در شمارش فقط دو دلار خطا داشته باشیم.

روش لیبی، همچنین بر این فرض استوار بود که مقدار کربن ۱۴ موجود در اتمسفر، و سرعت جذب شدن آن به وسیلهٔ موجودات زنده در زمان‌های گذشته، در سراسر تاریخ یکنواخت بوده است. اما در واقعیت چنین نبوده است. امروزه ما می‌دانیم که حجم کربن ۱۴ در اتمسفر بر حسب اینکه مغناطیس کرهٔ زمین تا چه اندازه اشعهٔ کیهانی را از مسیر خود منحرف می‌سازد یا نمی‌سازد، تغییر پیدا می‌کند و مقدار همین اشعه نیز در طی زمان می‌تواند به طرز قابل توجهی تغییر یابد. این بدان معنی است که برخی تاریخ‌های مبتنی بر کربن ۱۴، بیش از

تاریخ‌های دیگر قابل تردید هستند. این نکته به ویژه در مورد تاریخ‌های نزدیک به ورود اروپاییان و دیگران به قارهٔ آمریکا مصداق پیدا می‌کند و به همین دلیل است که دربارهٔ این موضوع اختلاف نظر بسیار ماندگاری وجود دارد.

سرانجام و شاید تا حدودی غیرمنتظره، اعداد به دست آمده ممکن است بر اثر دخالت عوامل ظاهراً بی‌ربط خارجی ـ مانند غذاهای کسانی که استخوان‌هایشان مورد آزمایش قرار می‌گیرد ـ دور ریخته شوند. یک مورد اخیر، به مجادلهٔ طولانی موجود به موضوع منشاء سیفلیس در دنیای جدید یا دنیای قدیم مربوط می‌شود. در هال، واقع در شمال انگلستان، باستان‌شناسان متوجه شدند که راهب‌های خفته در گورستان یک صومعه به بیماری سیفلیس مبتلا بوده‌اند، اما نتیجه‌گیری اولیه مبنی بر اینکه راهب‌ها پیش از سفر دریایی کریستف کلمب به این بیماری مبتلا شده بوده‌اند، از آنجا مورد تردید قرار گرفت که معلوم شد راهب‌ها خیلی زیاد ماهی می‌خورده‌اند که همین امر می‌تواند استخوان‌های آن‌ها را قدیمی‌تر از آنچه بوده‌اند نشان دهد. به احتمال زیاد، این راهب‌ها به بیماری سیفلیس مبتلا بوده‌اند اما اینکه چگونه و در چه تاریخی به سیفلیس مبتلا شده‌اند، به طرز حسرت‌آوری لاینحل مانده است.

به علت نواقص بر هم انباشتهٔ کربن ۱۴، دانشمندان روش‌های دیگری برای تاریخ‌گذاری مواد باستانی ابداع کردند که از آن میان می‌توان به روش گرماتابی (thermoluminesence) اشاره کرد که در آن الکترون‌های به دام افتاده در انواع خاک رس اندازه‌گیری می‌شوند، و تشدید اسپینی الکترون که شامل بمباران یک نمونه به وسیلهٔ امواج الکترومغناطیسی و اندازه‌گیری ارتعاشات الکترون‌ها می‌شود. اما با استفاده از بهترین روش‌ها نیز نمی‌توان عمر چیزی را تا بیش از ۲۰۰,۰۰۰ سال تعیین کرد، و تاریخ‌گذاری مواد معدنی مانند سنگ‌ها اصولاً به وسیلهٔ آن‌ها غیرممکن است، که این نیز البته در صورتی که بخواهیم عمر سیارهٔ خودمان را تعیین کنیم مورد نیاز است.

مسایل مربوط به تاریخ‌گذاری سنگ‌ها به قدری اهمیت پیدا کرد که در یک نقطه، تقریباً هر دانشمندی در جهان به سوی آن‌ها جلب شده بود. اگر همت یک دانشمند بااراده‌ٔ انگلیسی به نام پروفسور آرثر هولمز نبود تلاش برای این تاریخ‌گذاری ممکن بود یکسره کنار گذارده و به بوتهٔ فراموشی سپرده شود.

هولمز از لحاظ غلبه بر موانع نیز به یک اندازه از لحاظ رسیدن به نتایج درخشان، قهرمانانه عمل کرد. در دهۀ ۱۹۲۰ یعنی زمانی که هولمز در اوج شهرت و فعالیت به سر می‌برد، علم زمین‌شناسی از رواج و رونق افتاده بود ــ علم فیزیک، هیجانی نو در جهان پدید آورده بود ــ و از بودجه‌ای که به آن اختصاص می‌یافت، در بریتانیا یا زادگاه معنوی زمین‌شناسی، روز به روز کاسته شده بود. خود هولمز در دانشگاه دورم، سال‌های سال، کل دپارتمان زمین‌شناسی به شمار می‌رفت. غالباً مجبور می‌شد ابزارها و تجهیزات مورد نیاز برای تاریخ گذاری رادیومتریک سنگ‌ها را از بخش‌های دیگر به عاریت بگیرد یا از برهم سوار کردن قطعات دستگاه‌های دیگر بسازد. در یک نقطه، محاسباتش به طور جدی تا یک سال به تعویق افتاد و در آن مدت منتظر ماند تا یک ماشین حساب ساده از طرف دانشگاه در اختیارش قرار داده شود. گاهی مجبور می‌شد فعالیت دانشگاهی را کنار بگذارد و برای امرار معاش خانواده به کاری دیگر بپردازد ــ مدتی یک مغازۀ عتیقه فروشی در شهر نیوکاسل بر ساحل رود تاین داشت ــ و گاهی از عهدۀ تأمین ۵ پوند هزینۀ عضویت سالانه‌اش در انجمن زمین‌شناسی نیز بر نمی‌آمد.

روشی که هولمز در کار خود مورد استفاده قرار می‌داد از لحاظ نظری ساده و قابل فهم بود و مستقیماً از فرآیندی سرچشمه می‌گرفت که نخستین بار در سال ۱۹۰۴ توسط ارنست رادرفرد مشاهده شد. در این فرآیند، برخی اتم‌های یک عنصر با سرعتی به قدر کافی قابل پیش بینی از آن واپاشیده می‌شوند و به عنصری دیگر تبدیل می‌شوند، که می‌توان از آن‌ها به عنوان ساعت استفاده کرد. اگر بدانیم چه مدت زمانی لازم است تا پتاسیم ۴۰ به آرگون ۴۰ تبدیل شود، و مقادیر هر کدام را در یک نمونه اندازه‌گیری کنیم، می‌توانیم عمر یک ماده را تعیین کنیم. نقش هولمز عبارت بود از اندازه‌گیری سرعت واپاشی اورانیم و تبدیل آن به سرب در محاسبۀ عمر سنگ‌ها و نتیجتاً عمر کرۀ زمین بر طبق انتظار او.

ولی مشکلات فنی بسیاری می‌بایست از سر راه برداشته می‌شدند. همچنین، هولمز به چنان انواعی از آلات و ابزارهای پیشرفته نیاز داشت ــ یا دست کم انتظار داشت در اختیارش باشد ــ تا بتواند اندازه‌گیری بسیار ظریف و دقیق از نمونه‌های گرفته شدۀ سنگ‌ها به عمل آورد، و همچنان که گفتیم تنها وسیله‌ای که قرار بود در اختیارش بگذراند یک ماشین حساب ساده بود. به همین

علت، وقتی در سال ۱۹۴۶ توانست با مختصر اطمینانی اعلام کند که دست‌کم سه میلیارد سال و شاید هم بیشتر از عمر کرهٔ زمین می‌گذرد، به موفقیتی بزرگ دست یافت. متأسفانه، این بار نیز با مانعی بزرگ در راه قبولاندن نتایج محاسباتش مواجه شد: محافظه‌کاری دانشمندان همکارش در دانشگاه. گرچه بسیاری از ایشان با خوشحالی از روش‌های هولمز نام می‌بردند و آن را می‌ستودند، عده‌ای نیز معتقد بودند که او نه عمر کرهٔ زمین بلکه صرفاً عمر مصالح تشکیل دهندهٔ کرهٔ زمین را پیدا کرده است.

درست در همین زمان بود که هریسن براون از دانشگاه شیکاگو روش جدیدی برای شمارش ایزوتوپ‌های سرب در سنگ‌های آذرین (یعنی سنگ‌هایی که به کمک گرمایش ساخته شده‌اند نه ته‌نشینی لایه‌های رسوبی) ابداع کرد. براون وقتی متوجه شد که این کار بی‌نهایت خسته کننده از آب درخواهد آمد آن را به عنوان پروژهٔ پایان‌نامهٔ کلر پترسن دانشجوی جوان به او واگذار کرد. مشهور است که براون به پترسن وعده داد که تعیین عمر کرهٔ زمین با این روش جدید، خیلی ساده است. اما در عمل چندین سال به دراز کشید.

پترسن کارهای این پروژه را در سال ۱۹۴۸ آغاز کرد. کشف عمر کرهٔ زمین توسط پترسن در مقایسه با کارهای رنگارنگ تامسن میجلی در کمک به سیر پیشرفت علوم، اندکی مأیوس کننده بود. تا هفت سال، نخست در دانشگاه شیگاگو و سپس در انستیتوی فناوری کالیفرنیا (که پترسن در سال ۱۹۵۲ به آن منتقل شد)، در یک آزمایشگاه ضد عفونی شده کار می‌کرد و نسبت‌های سرب /اورانیم را در نمونه‌های دقیقاً انتخاب شدهٔ سنگ‌های قدیمی با استفاده از ابزارهای بسیار دقیق اندازه‌گیری می‌کرد.

مشکل موجود در اندازه‌گیری عمر کرهٔ زمین آن بود که می‌بایست از سنگ‌هایی بی‌نهایت باستانی حاوی بلورهای سرب‌دار و اورانیم‌دار نمونه‌برداری می‌شد که قدمتی همپای قدمت خود کرهٔ زمین داشتند ــ هر نمونهٔ جوان‌تر از این به تاریخ‌هایی نزدیک‌تر و گمراه کننده‌تر می‌انجامید ــ اما سنگ‌های حقیقتاً باستانی نیز به ندرت در سطح کرهٔ زمین یافت می‌شوند. در اواخر دههٔ ۱۹۴۰ تقریباً هیچ کسی نمی‌دانست که آن همه سنگ باستانی کرهٔ زمین به کجا رفته است. (پاسخ در تکتونیک صفحه‌ای بود، که البته در فصل‌های بعد به آن خواهیم

پرداخت.) در این ضمن، پترسن با مقداری مواد بسیار محدود تنها ماند تا بکوشد از این مساله سر درآورد. سرانجام و به شکلی ساده، متوجه شد که با استفاده از سنگ‌های متعلق به ماورای زمین نیز می‌تواند بر این کمبود نمونه‌های باستانی غلبه کند. بدین ترتیب، متوجه استفاده از شهاب سنگ‌ها شد.

فرض او ــ نه یک فرض بزرگ بلکه یک فرض درست آن‌چنان که بعدها معلوم شد ــ این بود که بسیاری از شهاب سنگ‌ها اساساً مصالح ساختمانی برجامانده از نخستین روزهای شکل‌گیری منظومهٔ شمسی هستند، و به همین دلیل توانسته‌اند ترکیب شیمیایی کم و بیش دست نخوردهٔ خود را حفظ کنند. کافی است عمر این سنگ‌های سرگردان را اندازه‌گیری کنید تا به عمر کرهٔ زمین (نسبتاً تقریبی) نیز پی ببرید.

اما همچنان که همیشه چنین بوده است، کارها آن طور که از یک توصیف همراه با نشاط بر می‌آید به راحتی پیش نرفتند. شهاب سنگ در همه‌جا به وفور یافت نمی‌شود و مخصوصاً پیدا کردن نمونه‌های شهاب سنگی نیز کار ساده‌ای نیست. بویژه این مساله در میان بود که نمونه‌های پترسن دایماً و بی‌جهت وقتی در معرض هوا قرار می‌گرفتند به مقادیر عظیمی از سرب اتمسفری آلوده می‌شدند. به همین دلیل بود که او متقاعد شد باید یک آزمایشگاه ضد عفونی شده برای خودش فراهم آورد ــ که بر طبق یک گزارش، نخستین آزمایشگاه ضد عفونی شدهٔ جهان به شمار می‌رفت.

فقط آماده کردن نمونه‌های مناسب برای آزمایش نهایی، هفت سال آزگار کار صبورانهٔ پترسن را به خود اختصاص داد. در بهار سال ۱۹۵۳ به آزمایشگاه ملی آرگون در ایالت ایلینویز رفت، و در آنجا فرصت کافی به دست آورد تا با یک مدل جدید طیف‌نگار جرمی به تحقیقاتش ادامه دهد. این دستگاه می‌توانست ریزترین مقادیر اورانیم و سرب به دام افتاده در بلورهای باستانی را ردیابی و اندازه‌گیری کند. سرانجام، وقتی به نتایج دلخواهش رسید، چنان به هیجان آمد که سوار اتومبیل شد و یک راست به خانهٔ سال‌های کودکی‌اش در ایالت آیووا رفت و از مادرش خواست که او را برای انجام معاینات پزشکی به یک بیمارستان ببرد چون گمان می‌کرد به حمله قلبی گرفتار شده است.

اندکی بعد، پترسن در جلسه‌ای که در ویسکانسین تشکیل شده بود عمر

قطعی کرهٔ زمین را معادل چهار میلیارد و پانصد و پنجاه میلیون سال (به اضافه یا منهای ۷۰ میلیون سال) ــ رقمی که به زبان مک گرین «پس از گذشت پنجاه سال هیچ تغییری پیدا نکرده است» ــ اعلام کرد.

پترسن پس از تکمیل کار اصلی، توجه خود را به مسألهٔ آزارندهٔ سرب موجود در اتمسفر معطوف ساخت. با کمال شگفتی متوجه شد آن اندک اطلاعاتی که دربارهٔ اثرات سرب بر انسان در دسترس بود تقریباً همیشه غلط یا گمراه کننده بوده است ــ و هیچ شگفت‌انگیز نبود که به چنین کشفی نایل آمد، زیرا چهل سال بود که هرگونه تحقیقات در زمینهٔ اثرات سرب منحصراً با تکیهٔ بر کمک‌های مالی سازندگان افزودنی‌های سربی عملی شده بود.

در یکی از این چندین مورد تحقیقات پزشکی، با آنکه او هیچ آموزشی در زمینهٔ آسیب‌شناسی شیمیایی ندیده بود، در برنامهٔ پنج ساله‌ای شرکت کرد که در آن از داوطلبان خواسته می‌شد مقداری سرب را که مرحله به مرحله افزایش پیدا می‌کرد از طریق تنفس یا بلعیدن وارد بدن خود کنند. متاسفانه، چون به نظر می‌رسد که پزشک مزبور اطلاعی در این زمینه نداشته است، سرب به صورت یک ماده یا محصول زاید از بدن دفع نمی‌شود. بلکه در استخوان و خون جذب و انباشته می‌شود ــ به همین علت است که خیلی خطرناک به شمار می‌رود. در مورد بالا، استخوان یا خون مورد آزمایش قرار نگرفت. در نتیجهٔ تحقیق مذکور، گواهی سلامت و بی‌خطر بودن سرب صادر شد.

پترسن بی‌درنگ اعلام کرد که مقادیر کلانی سرب در اتمسفر وجود داشته است ــ به بیان دقیق‌تر، هنوز هم وجود دارد زیرا سرب هیچ‌گاه از بین نمی‌رود ــ و ظاهراً ۹۰ درصد آن از لولهٔ اگزوز اتومبیل‌ها خارج می‌شود، ولی نتوانست آن را اثبات کند. آنچه او نیاز داشت روشی بود برای مقایسهٔ سطوح سرب در اتمسفر امروزی با سطوح سرب در اتمسفر پیش از ۱۹۲۳ یعنی زمانی که تترااتیل سرب وارد بازار مصرف شد. سرانجام به این نتیجه رسید که نمونه‌گیری از اعماق یخ‌ها می‌تواند به این پرسش پاسخ دهد.

دانشمندان می‌دانستند که ریزش برف در نقاطی مانند گرینلند به صورت لایه‌های مشخص سالانه بر هم انباشته می‌شود (چون اختلاف دمای فصلی موجب تغییرات اندک بین رنگ لایه‌های برف از زمستان تا تابستان می‌شود). او با

شمردن از بالاترین لایه و اندازه‌گیری مقدار سرب در هر یک، توانست غلظت سرب در کرهٔ زمین را در دوره‌های صد ساله یا حتی هزار ساله محاسبه و تعیین کند. این نظریه شالودهٔ مطالعات مربوط به نمونه‌های یخ قرار گرفت و بخش بزرگی از کارهای هواشناسی جدید نیز بر آن استوار شد.

آنچه پترسن به دست آورد این بود که تا پیش از سال ۱۹۲۳ تقریباً هیچ سربی در اتمسفر وجود نداشت و از آن زمان به بعد سطح سرب در اتمسفر به طور پیوسته و خطرناکی سیر صعودی پیدا کرده است. این بار پترسن حذف سرب از بنزین را هدف اصلی زندگی خود تلقی کرد. بدین منظور، به یکی از منتقدان دایمی و همیشه فعال صنعت سرب و منافع آن تبدیل شد.

این مبارزه برای پترسن حکم یک پیکار جهنمی را داشت. کارخانهٔ اتیل یکی از شرکت‌های قدرتمند جهان با دوستانی در مقامات بالا بود. (از جمله مدیران آن شرکت می‌توان به کسانی چون لویس پاول رییس دیوان عالی و گیلبرت گروونر از انجمن نشنال جئوگرافیک اشاره کرد.) در یک آن، پترسن متوجه شد که بودجه تحقیقاتی‌اش قطع شده یا بدون هیچ دلیلی در اختیارش قرار داده نمی‌شود. شرکت نفت آمریکا قرارداد تحقیقاتی امضا شده با او را فسخ کرد، و ادارهٔ خدمات عمومی ایالات متحد آمریکا نیز که ظاهراً از مؤسسات بی‌طرف دولتی است، به کاری مشابه دست زد.

از آنجا که پترسن روز به روز مایهٔ دردسر بیشتری برای انستیتوی خود می‌شد، هیأت امنای دانشکده بارها به مقامات صنعت سرب فشار آوردند که یا صدای او را خاموش کنند یا آنکه از کار اخراجش کنند. به گفتهٔ جمی لینکلن کیتمن در مقاله‌ای که در سال ۲۰۰۰ در نشریهٔ *The Nation* انتشار یافت، مقامات شرکت اتیل گویا پیشنهاد کردند در صورتی که پترسن «دنبال نخود سیاه فرستاده شود» یک کرسی استادی در دانشگاه کلتک به او بدهند. در سال ۱۹۷۱ به طرز مضحکی از عضویت در شورای ملی پژوهش که برای تحقیق در خطرات مسمومیت ناشی از سرب اتمسفری تعیین شده بود و علیرغم آنکه در آن زمان بدون هیچ تردیدی بزرگ‌ترین کارشناس سرب اتمسفری به شمار می‌رفت از کار برکنار شد.

افتخار بزرگ پترسن این است که هیچ‌گاه در برابر سختی‌ها سر خم نکرد یا تزلزلی به خود راه نداد. سرانجام، تلاش‌های او به تصویب و اجرای قانون هوای

پاک در سال ۱۹۷۰ و حذف فروش هرگونه بنزین سرب‌دار در ایالات متحد آمریکا در سال ۱۹۸۶ انجامید. تقریباً بلافاصله پس از این اقدام، سطوح سرب در خون آمریکاییان تا ۸۰ درصد پایین آمد. اما چون سرب تا ابد باقی می‌ماند، آن تعداد از ما که امروزه به زندگی ادامه می‌دهیم در حدود ۶۲۵ برابر بیش از انسان‌های سدهٔ گذشته در خون‌مان سرب داریم. مقدار سرب موجود در اتمسفر نیز از راه‌هایی تماماً قانونی، همچنان معادل صد هزار تن متر مکعب در سال، عمدتاً از منابعی چون استخراج معدن، ذوب فلزات، و فعالیت‌های صنعتی، رو به افزایش است. دولت آمریکا نیز به گفتهٔ مک گرین «چهل و چهار سال پس از اغلب کشورهای اروپایی» استفاده از سرب را در رنگ‌های خانگی ممنوع کرد. نکتهٔ قابل توجه آن است که لحیم سرب، با توجه به درجهٔ بالای سمی بودنش، تا سال ۱۹۹۳ از قوطی‌های مواد غذایی در آمریکا حذف نشده بود.

اما شرکت اتیل، همچنان روز به روز قدرتمندتر می‌شود، هرچند شرکت‌هایی چون جنرال موتورز، استاندارد اویل، و دو پونت دیگر در آن سهام‌دار نیستند. (آن‌ها سهام خود را در سال ۱۹۶۲ به شرکتی به نام شرکت کاغذ آلبمارل فروختند.) به گفتهٔ مک گرین، تا اواخر فوریهٔ ۲۰۰۱ شرکت اتیل همچنان ادعا می‌کرد «تحقیقات نشان نداده است که بنزین سرب‌دار عامل تهدید سلامتی انسان یا محیط زیست باشد.» در تارنمای این شرکت که شامل تاریخچه آن است هیچ اشاره‌ای به سرب ــ یا به عبارت دقیق‌تر، به تامس میجلی ــ نمی‌شود بلکه خیلی ساده گفته می‌شود که نخستین محصول آن شرکت «حاوی برخی مواد شیمیایی» بوده است.

شرکت اتیل دیگر بنزین سرب‌دار تولید نمی‌کند، اما بر طبق حساب‌های سال ۲۰۰۱ آن شرکت، تترااتیل سرب (یا TEL) همچنان در سال ۲۰۰۰ معادل ۲۵/۱ میلیون دلار (از کل فروش ۷۹۵ میلیون دلاری آن) فروش داشته است، که به معنی افزایش آن در مقایسه با ۲۴/۱ میلیون دلار در سال ۱۹۹۹ ولی کاهش آن در مقایسه با ۱۱۷ میلیون دلار در سال ۱۹۹۸ است. شرکت در گزارش سالانهٔ خود اعلام کرد که در نظر دارد «نقدینگی تولیدی توسط تترااتیل سرب را با توجه به کاهش مصرف آن در سراسر جهان به حداکثر برساند.» شرکت اتیل این محصول را از طریق توافق امضا شده با شرکت اسوشییتد اوکتل انگلستان روانهٔ بازار می‌کند.

اما در مورد مصیبت دیگری که تامس میجلی از خود برای ما به یادگار نهاد، یعنی کلروفلوروکربن‌ها، باید گفت که این محصولات در سال ۱۹۷۴ در ایالات متحد آمریکا ممنوع شدند، ولی جملگی آن‌ها شیطان‌های کوچولوی سرسختی هستند که همراه با هر مقداری از آن‌ها که تا آن زمان توسط آمریکایی‌ها وارد اتمسفر زمین شده بود (از طریق افشانک‌های بوبر یا مخصوص موی سر) بدون هیچ تردیدی در اتمسفر باقی خواهند ماند و تا قرن‌ها پس از خاموشی انسان‌های آن روزگار به حیات خود ادامه خواهند داد. بدتر از همه اینکه بشر در حال حاضر نیز سالانه مقادیر کلانی از کلروفلوروکربن‌ها را وارد اتمسفر زمین می‌کند. به گفتهٔ واین بیدل، سالانه چیزی نزدیک به ۶۰ میلیون پوند از این ماده به ارزش ۱/۵ میلیارد دلار، همچنان راه خود را به سوی بازار می‌گشاید. راستی، چه کسی این ماده را تولید می‌کند؟ بسیاری از شرکت‌های بزرگ آمریکایی، همچنان در خارج از آمریکا به تولید آن ادامه می‌دهند. تولید این ماده در جهان سوم تا سال ۲۰۱۰ ممنوع نخواهد شد.

کلر پترسن در سال ۱۹۹۵ چشم از جهان فروبست. به واسطهٔ کارهایی که انجام داده بود، کسی به او جایزهٔ نوبل اعطا نکرد. زمین شناسان هیچ‌گاه جایزهٔ نوبل نمی‌گیرند. از همه شگفت‌انگیزتر اینکه بیش از پنجاه سال تلاش مستمر و دستاوردهای حاصل از خود گذشتگی او هیچ شهرتی برایش به دنبال نیاورد یا توجه کسی را به خود جلب نکرد. لازم به یادآوری است که او متنفذترین زمین‌شناس سدهٔ بیستم بود. اما تاکنون چه کسی نام کلر پترسن را شنیده است؟ در اغلب کتاب‌های درسی زمین‌شناسی از او نام برده نمی‌شود. در دو کتاب جدید مربوط به تاریخچهٔ تعیین عمر زمین، حتی املای نامش را غلط نوشته‌اند. در اوایل سال ۲۰۰۱ شخصی که یکی از این دو کتاب را در نشریهٔ نیچر بررسی کرده بود مرتکب خطای نسبتاً حیرت‌آور دیگری شد و آن اینکه گمان کرد پترسن یک خانم است.

به هر حال، در پرتو کارها و پژوهش‌های کلر پترسن در سال ۱۹۵۳، کرهٔ زمین سرانجام دارای عمری شد که اغلب دانشمندان آن را می‌پذیرفتند. تنها مسألهٔ باقی مانده این بود که این بار قدمت کرهٔ زمین از عمر کائنات پیرامونش بیشتر شده بود.

# ۱۱ کوارک‌های ماستر مارک

در سال ۱۹۱۱ یک دانشمند بریتانیایی به نام چارلز تامسن ریس ویلسن دست اندرکار مطالعهٔ آرایش‌های گوناگون ابرها از راه صعود مرتب به قلهٔ کوه پر رطوبت و معروف بن نویس در اسکاتلند بود که ناگهان متوجه شد راهی ساده‌تر از این هم برای مطالعهٔ ابرها وجود دارد. وقتی به آزمایشگاه کَوِندیش در کیمبریج برگشت، یک اتاقک ابر ساخت که ابزاری ساده برای سرد و مرطوب کردن هوا بود، و بدین ترتیب مدل منطقی یک ابر را در شرایط آزمایشگاهی به وجود آورد.

این ابزار خیلی خوب کار کرد، اما یک امتیاز اضافی و پیش‌بینی نشده هم داشت. وقتی ویلسن یک ذرهٔ آلفا را به وسیلهٔ این اتاقک شتاب می‌داد تا ابرهای غیر واقعی‌اش را کشت دهد، ذرهٔ آلفا ردی مریی ــ همانند ابر هواپیما ــ از خود برجا می‌گذاشت. او همین اواخر بود که آشکارساز ذرات را اختراع کرده بود. این اختراع، حکم مدرکی متقاعد کننده دال بر وجود عملیِ ذرات زیر-اتمی را پیدا کرد.

پس از او، دو دانشمند دیگر در آزمایشگاه کَوِندیش توانستند یک دستگاه باریکهٔ پروتون قوی‌تر اختراع کنند، و در همان زمان ارنست لارنس در دانشگاه برکلی کالیفرنیا سیکلوترون معروف و چشمگیر یا اتم شکن خود را ساخت که از مدت‌ها پیش نیز این نام هیجان‌انگیز اخیر بر آن نهاده شده بود. تمام این اختراعات، کم و بیش بر اساس یک اصل کار می‌کردند، یعنی هدف از ساخت آن‌ها شتاب دادن پروتون یا هر ذرهٔ باردار دیگر و رساندن آن به سرعتی فوق‌العاده زیاد در امتداد یک مسیر (گاهی مستدیر، گاهی خطی) و سپس کوباندن آن به ذره‌ای دیگر و مشاهدهٔ چیزی بود که از این برخورد بر می‌خاست. به همین دلیل بود که این دستگاه‌ها را اتم شکن می‌نامیدند. این دستاورد به معنی رسیدن به علم در

ظریف‌ترین حالات نبود، بلکه دستاوردی بود که عموماً مؤثر واقع می‌شد.

همچنان که فیزیک‌دان‌ها به ساخت دستگاه‌هایی بزرگ‌تر و بلند پروازانه‌تر توفیق می‌یافتند، تدریجاً ذرات یا خانواده‌های ذراتی را کشف می‌کردند که ظاهراً عددی نداشتند: موئون‌ها، پیون‌ها، هیپرون‌ها، مزون‌ها، K ـ مزون‌ها، بوسون‌های هیگز، بوسون‌های بردار میانی، باریون‌ها، و تاکیون‌ها. حتی فیزیک‌دان‌ها تا حدودی برآشفته می‌شدند. وقتی یک دانشجوی جوان نام ذرهٔ خاصی را از انریکو فرمی پرسید او در پاسخ گفت: «ای جوان، اگر من می‌توانستم نام‌های این ذرات را به یاد آورم، یک گیاه‌شناس می‌بودم.»

امروزه، شتاب دهنده‌ها دارای نام‌هایی شده‌اند که همانند چیزهایی که فلش گوردون جنگاور در پیکار استفاده می‌کرد به گوش می‌رسند: سنکروترون ابر پروتون، برخورد ساز بزرگ الکترون ـ پوزیترون، برخورد ساز بزرگ هادرون، اصابت‌گر نسبی یون سنگین. این دستگاه‌ها با استفاده از مقادیر بسیار زیاد انرژی (برخی فقط شب هنگام فعال می‌شوند تا اهالی شهرهای مجاور شاهد خاموش شدن لامپ‌های‌شان به هنگام روشن شدن آن‌ها باشند)، می‌توانند ذرات را چنان به حرکت درآورند که یک الکترون تنها می‌تواند یک تونل چهار مایلی را چهل و هفت هزار دور در ثانیه طی کند. اخیراً این نگرانی مطرح شده است که دانشمندان با این شور و شوقی که از خود نشان می‌دهند ممکن است تصادفاً موجب ایجاد یک سیاه چاله یا حتی چیزی به نام «کوارک‌های عجیب» شوند که از لحاظ نظری می‌توانند در دیگر ذرات زیر-اتمی تأثیر بگذارند و به طرزی مهار نشدنی انتشار پیدا کنند. تا این لحظه که شما این مطلب را مطالعه می‌کنید، چنین تحولی رخ نداده است.

پیدا کردن ذرات، نیازمند اندکی تمرکز حواس است. این ذرات فقط ریز و پر شتاب نیستند بلکه گاهی به طرز وسوسه‌انگیزی زودگذر و ناپایدار می‌شوند. ذرات می‌توانند در ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱ ثانیه ($۱۰^{-۲۴}$) به وجود آیند و دوباره ناپدید شوند. حتی کندروترین ذرات، بیش از ۰/۰۰۰۰۰۰۱ ($۱۰^{-۷}$) ثانیه درنگ نمی‌کنند.

برخی از ذرات به طرز مضحکی گریزپا هستند. در هر ثانیه، چیزی در حدود ۱۰,۰۰۰ تریلیون تریلیون نوترینوی خُرد اما بی‌جِرم (غالباً شلیک شده از

فعل و انفعال‌های هسته‌ایِ خورشید)، و عملاً تمام آن‌ها از سیارهٔ ما و هر آنچه بر روی آن است، از جمله من و شما، چنان می‌گذرند که گویی هیچ اتفاقی نیفتاده است. دانشمندان برای آنکه بتوانند چندتایی از آن‌ها را به تله بیندازند به مخزن‌هایی با گنجایش حداکثر ۱۲/۵ میلیون گالن آب سنگین (یعنی آبی با فراوانی نسبیِ دوتریم در آن) در محفظه‌های زیرزمینی (معمولاً معدن‌های قدیمی) نیاز دارند که سایر انواع تشعشعات امکان تداخل در آن‌ها را نداشته باشند.

خیلی به‌ندرت پیش می‌آید که یک نوترینوی عبوری به یکی از هسته‌های اتمی موجود در آب اصابت کند و یک پف‌کردگی کوچک حاصل از انرژی به وجود آورد. دانشمندان، این پف‌کردگی‌ها را می‌شمارند و بدین طریق ما را خیلی آرام‌آرام به شناخت خواص بنیادی کائنات نزدیک می‌سازند. در سال ۱۹۹۸، نظاره‌گران ژاپنی گزارش دادند که نوترینوها جِرم دارند، اما جرم‌شان خیلی زیاد نیست ــ در حدود یک ده میلیونیم جرم یک الکترون.

آنچه این روزها برای پیدا کردن ذرات بدان نیاز داریم، پول است، آن هم پول کلان. در فیزیک نوین، یک رابطهٔ معکوس عجیب و غریب بین خردترین چیزی که دانشمندان به دنبالش هستند و مقیاس تسهیلات و خدمات لازم برای انجام پژوهش‌های وابسته به آن برقرار است. سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (CERN) به یک شهر کوچک شباهت دارد. این سازمان که در دو سوی مرزهای بین فرانسه و سویس گسترده شده است، سه هزار نفر را به خدمت گرفته و محوطه‌ای شامل چندین مایل مربع را اشغال کرده است. سازمان CERN به در اختیار داشتن یک رشته مغناطیس که وزنش از وزن برج ایفل نیز بیشتر است به اضافهٔ یک تونل به طور بیش از ۱۶ مایل می‌بالد.

همچنان که جیمز ترفیل می‌گوید، شکستن اتم، کاری آسان است؛ همهٔ ما وقتی یک لامپ مهتابی را روشن می‌کنیم عملاً اتم شکنی می‌کنیم. اما شکستن هسته‌های اتم، نیازمند یک دنیا پول و مقدار زیادی انرژی برق است. برای پایین‌تر رفتن تا سطح کوارک‌ها ــ ذرات تشکیل دهندهٔ ذرات ــ به پول و انرژی برق بیشتر از این نیاز داریم: تریلیون‌ها ولت الکتریسیته و بودجهٔ یکی از ملت‌های کوچک آمریکای مرکزی. برخورد سازهای هادرون بزرگ و جدید CERN که قرار است از سال ۲۰۰۵ فعال شوند، به یک انرژی ۱۴,۰۰۰ تریلیون ولتی و هزینه‌ای

بیش از ۱/۵ میلیارد دلار برای ساخت نیاز خواهند داشت.*

این اعداد و ارقام در مقایسه با آنچه می‌شد از طریق اَبَر برخوردساز اَبَر رسانای عریض و طویلی به دست آورد یا برای آن هزینه کرد که کارهای اجرایی‌اش در دهۀ ۱۹۸۰-۸۹ در نزدیکی واکساهاچی در ایالت تگزاس آغاز شد ولی پیش از پرداختن به هرگونه اَبَر شتاب دهی بر اثر برخورد با کنگرۀ آمریکا متوقف شد، بسیار ناچیز هستند. هدف از ساخت این شتاب‌دهنده فراهم ساختن چنان زمینه‌ای برای دانشمندان بود تا بتوانند همچنان که غالباً گفته می‌شود دربارۀ «ماهیت غایی ماده» از طریق بازآفرینی شرایطی هرچه مشابه‌تر به شرایط کائنات در نخستین ده هزار میلیاردیم ثانیۀ عمرش، به کاوش بپردازند. برنامۀ کار، شتاباندن ذرات در امتداد تونلی به طول پنجاه و دو مایل و رسیدن به یک انرژی گیج کننده معادل نود و نه تریلیون ولت بود. این یک برنامۀ عظیم بود، اما ساخت آن به هزینه‌ای معادل ۸ میلیارد دلار (که سرانجام تا ۱۰ میلیارد دلار افزایش یافت) و صدها میلیون دلار در سال برای بهره‌برداری و نگهداری نیاز داشت.

کنگرۀ آمریکا احتمالاً در کوچکترین نمونۀ ریختن و دفن کردن پول در یک سوراخ زمینی در تاریخ بشر، مبلغی معادل دو میلیارد دلار هزینه کرد و سپس در سال ۱۹۹۳ پس از آنکه حفاری تونل تا ۱۴/۵ مایل پیش رفته بود کارها را متوقف ساخت. بدین ترتیب، اکنون ایالت تکزاس به داشتن گرانبهاترین سوراخ زمینی جهان مفتخر است و به خود می‌بالد. دوستم جف گین از نشریۀ *Fort Worth Star-Telegram* می‌گفت محوطۀ مذکور «اساساً منطقه‌ای است پهناور و خالی از دار و درخت که دورتادورش شهرک‌هایی غم گرفته و کوچک سر برافراشته‌اند.»

از آن به بعد فیزیک‌دان‌های ذره‌ای شاغل در فاجعۀ اَبَر-برخورد ساز قدری از بلند پروازی‌های خود کاسته‌اند، اما حتی پروژه‌های نسبتاً کوچکتر نیز در صورت مقایسه با هر کار دیگری می‌توانند بسیار پر هزینه از کار درآیند. ساخت یک رصدخانۀ پیشنهادی در محل معدن قدیمی هومستیک در شهر لید از ایالت داکوتای جنوبی، ۵۰ میلیون دلار هزینه برمی‌دارد ـ آن هم در معدنی که قبلاً

* این اقدام پرهزینه، دارای برخی عوارض جدی نیز هست. شبکۀ جهانی (وب) یکی از شاخه‌های فرعی CERN است. این شبکه را یکی از دانشمندان CERN به نام تیم ـ برنرز ـ لی در سال ۱۹۸۹ ابداع کرد.

حفاری شده است ـ البته در صورتی که نخواهیم چیزی از هزینه‌های جاری بگوییم. هزینه‌های تبدیل عمومی «به رقمی معادل ۲۸۱ میلیون دلار می‌رسد. ضمناً هزینهٔ تغییرات صرف یک شتاب دهندهٔ ذرات در فرمیلب از ایالت ایلینویز، به ۲۶۰ میلیون دلار رسید.

خلاصهٔ کلام آنکه فیزیک ذره‌ای، رشته و فعالیتی فوق‌العاده پر هزینه ـ اما نتیجه بخش ـ است. امروزه تعداد ذرات شمارش شده به بیش از ۱۵۰ می‌رسد و گمان می‌رود که چیزی در حدود ۱۰۰ ذرهٔ دیگر در آینده شمارش شوند، ولی متأسفانه، به گفتهٔ ریچارد فاینمن، «پی بردن به روابط بین تمام این ذرات و اینکه طبیعت این ذرات را برای چه نیاز دارد یا چه پیوندی بین یک ذره و ذرهٔ دیگر وجود دارد، کاری بس دشوار است.» ما به طرزی اجتناب‌ناپذیر، هر بار که به گشودن قفل یک جعبه توفیق می‌یابیم متوجه می‌شویم که جعبهٔ قفل شدهٔ دیگری در درون آن جعبه وجود دارد. برخی از افراد تصور می‌کنند ذراتی به نام تاکیون در طبیعت وجود دارند که می‌توانند سریع‌تر از نور حرکت کنند. برخی دیگر در آرزوی پیدا کردن ذرهٔ گراویتون ـ بودگاه نیروی گرانش ـ هستند. به سادگی نمی‌توان گفت که ما در چه نقطه‌ای به کف یا پایان تقلیل‌ناپذیر می‌رسیم. کارل ساگان در کتاب کیهان خود این احتمال را مطرح ساخت که اگر ما بتوانیم به اعماق الکترون راه یابیم و در آن پایین برویم شاید به این نتیجه برسیم که کائناتی دیگر در دل آن نهفته است و تمام آن داستان‌های علمی ـ تخیلی دهۀ ۱۹۵۰ را در یادها زنده می‌کند. «در درون الکترون، تعداد زیادی ذرات بنیادی بمراتب خُردتر وجود دارند که همانند معادل موضعی کهکشان‌ها و ساختارهای کوچکتر، انتظام یافته‌اند و برای خودشان کائناتی در سطح بعدی به شمار می‌روند، و الی آخر ـ برگشتی رو به پایین تا بی‌نهایت، کائنات دردرون کائنات، بی‌پایان. و رو به بالا نیز به همین ترتیب.»

در نظر بسیاری از ما، این یک جهان خارج از حیطهٔ درک بشر به شمار می‌رود. امروزه برای مطالعهٔ حتی یک راهنمای ابتدایی فیزیک ذره‌ای، باید بتوانیم راهمان را از میان انبوهه‌های واژگانی چون این بگشاییم: «پیون باردار و پادپیون‌ها پس از واپاشی، به ترتیب به یک موئون به اضافهٔ پادنوترینو و یک پادموئون به اضافهٔ نوترینو با عمر متوسط $۲/۶۰۳ \times ۱۰^{-۸}$ ثانیه، پیون خنثی به دو

فوتون با عمر متوسط تقریبی $۰/۸ \times ۱۰^{-۱۶}$ ثانیه، و موئون و پادموئون به ترتیب به... تبدیل می‌شوند.» و به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند ـ که این مطلب نیز از یک کتاب برای خوانندگان عادی به قلم یکی از (معمولاً) ساده‌نویس‌ترین مفسران این رشته یعنی استیون واینبرگ برگرفته و نقل شده است.

ماری گل‌ـمان از فیزیک‌دانان دانشگاه کلتک در دهۀ ۱۹۶۰، ضمن تلاش برای اندکی ساده‌تر کردن مطالب، طبقۀ جدیدی از ذرات را ابداع کرد که اساساً و به گفتۀ استیون واینبرگ، می‌خواست «نوعی صرفه‌جویی در انبوه هادرون‌ها» ـ اصطلاحی گروهی که فیزیک‌دان‌ها برای اشاره به پروتون‌ها، نوترون‌ها، و دیگر ذرات تحت فرمان نیروی قوی هسته‌ای به کار می‌برند ـ ایجاد کند. در نظریۀ گل‌ـمان گفته می‌شد که تمام هادرون‌ها از ذراتی باز هم خردتر و حتی بنیادی‌تر تشکیل می‌شوند. ریچارد فاینمن از همکاران گل‌ـمان می‌خواست این ذرات بنیادی جدید را همچنان که در کتاب دالی دیده می‌شود پارتون بنامد، ولی نظرش رد شد. به جای آن نام، عنوان کوارک بر آن‌ها نهاده شد.

گل‌ـمان این نام را از عبارت «سه کوارک برای ماستر مارک!» در داستان بیداری فینگان‌ها [نوشتۀ جیمز جویس] گرفت (که نشان می‌دهد فیزیک‌دان‌ها این واژه را با واژۀ *Storks* به معنی لک‌لک‌ها هم قافیه می‌کنند نه با واژۀ Larks به معنی چکاوک‌ها، هرچند واژۀ اخیر بدون تردید همان تلفظی است که جویس در ذهن خویش داشت). سادگی بنیادی کوارک‌ها عمر چندان درازی پیدا نکرد. به تدریج که کوارک‌ها بهتر شناخته شدند، ایجاد تقسیمات فرعی در آن‌ها ضروری گردید. با آنکه کوارک‌ها خیلی ریزتر از آنند که دارای رنگ یا طعم یا هر خصوصیت مادی و قابل تشخیص دیگر باشند، به شش دسته ـ بالا، پایین، بیگانه، افسون، در بالا، و در پایین ـ طبقه‌بندی شدند، که فیزیک‌دان‌ها از آن‌ها به طرزی عجیب به عنوان «طعم» یاد می‌کنند، و این دسته‌ها نیز به رنگ‌های قرمز، سبز، و آبی تقسیم می‌شوند. (انسان تصور می‌کند که گویا اصولاً نخستین کاربرد این اصطلاحات در کالیفرنیا آن هم در عصر روانگردانی، تصادفی نبوده است.)

سرانجام، از دل این همه، چیزی پدید آمد که مدل استاندارد نامیده

می‌شود، و اساساً نوعی جعبهٔ حاوی قطعات مورد نیاز دنیای زیر-اتمی به شمار می‌رود. مدل استاندارد از شش کوارک، شش لپتون، پنج بوسون شناخته شده و کوارک موهوم ششم یا هیگز (به نام پیتر هیگز دانشمند اسکاتلندی)، به اضافهٔ سه نیرو از چهار نیروی فیزیکی تشکیل می‌شود: نیروهای قوی و ضعیف هسته‌ای و الکترومغناطیس.

ترتیب اعمال شده اساساً از این قرار است که حد فاصل بین بلوک‌های ساختمان بنیادی ماده را کوارک‌ها به خود اختصاص داده‌اند؛ این ذرات به وسیلهٔ ذراتی به نام گلوئون در کنار یکدیگر نگهداشته می‌شوند؛ و کوارک‌ها و گلوئون‌ها توأماً پروتون‌ها و نوترون‌ها را که مادهٔ تشکیل دهندهٔ هستهٔ اتم هستند به وجود می‌آورند. لپتون‌ها منبع الکترون‌ها و نوترینوها هستند. کوارک‌ها و لپتون‌ها توأماً فرمیون نامیده می‌شوند. بوسون‌ها (نام‌گذاری شده به نام س. ن. بوسه فیزیک‌دان هندی) ذراتی هستند که نیروها را تولید و حمل می‌کنند و شامل فوتون‌ها و گلوئون‌ها می‌شوند. بوسون هیگز ممکن است در واقعیت وجود داشته باشد یا وجود نداشته باشد؛ این ذره صرفاً به عنوان راهی برای جرم‌دار کردن ذرات ابداع شد.

همچنان که می‌بینید، این مدل قدری دست و پاگیر است ولی ساده‌ترین مدلی است که می‌تواند تمامی آنچه را که در دنیای ذرات رخ می‌دهد تبیین کند. همچنان که لئون لدرمن در یک فیلم مستند PBS در سال ۱۹۸۵ گفته است، اغلب فیزیک‌دانان ذره‌ای احساس می‌کنند که مدل استاندارد از ظرافت و سادگی لازم برخوردار نیست. لدرمن می‌گوید: «خیلی بغرنج و پیچ در پیچ است. پارامترهای تصادفی آن خیلی زیاد است. عملاً نمی‌بینیم که آفرینندهٔ جهان برای آنکه بیست پارامتر را برای آفریدن کائنات به شکلی که ما می‌شناسیم به حرکت درآورد، بیست دستگیره را بچرخاند و باز کند.» علم فیزیک عملاً چیزی جز جستجوی سادگی غایی نیست، اما آنچه ما تا این لحظه در اختیار داریم نوعی درهم ریختگی ظریف است، یا به گفتهٔ لدرمن: «این احساس ژرف وجود دارد که تصویر، زیبا نیست.»

مدل استاندارد نه فقط بدقواره است بلکه ناقص نیز است. یک دلیلش آن است که این مدل سخنی برای گفتن دربارهٔ گرانش ندارد. اگر هر طور که دلتان می‌خواهد به کمک این مدل استاندارد به پژوهش بپردازید، به هیچ موردی در

تبیین این که چرا وقتی کلاه‌تان را روی میز می‌گذارید رو به بالا شناور نمی‌شود تا به سقف برسد برخورد نخواهید کرد. همچنان که پیشتر گفتیم، در مورد جرم نیز توضیحی ندارد. ما برای آنکه اصولاً جرمی به ذرات بدهیم باید بوسون موهوم هیگز را به کار گیریم؛ اثبات اینکه آیا چنین چیزی در واقعیت وجود دارد یا نه، از وظایف علم فیزیک در سدهٔ بیست و یکم است. همچنان که فاینمن با خوشحالی گفته است: «بدین ترتیب، ما به نظریه‌ای تکیه می‌کنیم که چیزی دربارهٔ درست یا نادرست بودنش نمی‌دانیم، اما می‌دانیم که اندکی خطا یا دست کم اندکی ناقص است.»

فیزیک‌دان‌ها در تلاش برای به هم نزدیک‌تر کردن همه چیز، به نظریه‌ای رسیده‌اند که نظریهٔ اَبَر-رشته‌ای نامیده می‌شود. در این نظریه چنین فرض می‌شود که تمام آن ذرات ریز مانند کوارک‌ها و لپتون‌ها که قبلاً ذره پنداشته می‌شدند عملاً چند «رشته» هستند ـ رشته‌های مرتعش انرژی که در یازده بُعد نوسان پیدا می‌کنند، شامل آن سه بعدی که از قبل می‌شناسیم به اضافهٔ بُعد زمان و هفت بُعد دیگر که تا این لحظه برای ما غیرقابل شناخت هستند. این رشته‌ها بسیار ریز هستند ـ آنقدر ریز که جای ذرات نقطه‌ای را می‌گیرند.

نظریهٔ اَبَر-رشته‌ای با به کار گرفتن ابعاد اضافی، به فیزیک‌دان‌ها امکان می‌دهد که قوانین کوانتوم و گرانش را به صورت یک مجموعهٔ نسبتاً منظم درآورند، اما در عین‌حال بدین معنی است که هر آنچه دانشمندان دربارهٔ این نظریه می‌گویند تدریجاً و به طرزی نگران کننده، همانند افکاری به گوش می‌رسد که اگر از زبان شخصی که روی نیمکت یک پارک در کنار شما نشسته است شنیده شود باعث می‌شود که از او فاصله بگیرید. مثلاً میچیو کاکو فیزیک‌دان در تبیین ساختار کائنات از دیدگاه اَبَر-رشته‌ای چنین می‌گوید: «رشتهٔ هتروتیک از یک رشتهٔ بسته تشکیل می‌شود که دو نوع ارتعاش دارد، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، که با هر کدام به یک طریق متفاوت رفتار می‌شود. ارتعاش‌های هم جهت با حرکت عقربه‌های ساعت، در فضایی ده بُعدی به سر می‌برند. ارتعاش‌های ناهم جهت با حرکت عقربه‌های ساعت، در فضایی بیست و شش بعدی به سر می‌برند که شانزده بُعد آن به صورت فشرده درآمده‌اند. (به یاد داریم که در فضای پنج بعدی اولیهٔ کالوزا، بُعد پنجم بر اثر افتادن در دام یک دایره به صورت فشرده درآمد.)» و به همین ترتیب

تا ۳۵۰ صفحه ادامه پیدا می‌کند.

نظریهٔ رشته‌ای، بذر چیز دیگری را نیز افشانده است که «نظریهٔ M» نامیده می‌شود، و شامل سطوح معروف به غشاها ـ یا صرفاً «نیم غشاهایی» (branes) برای وجودهای امروزی‌تر دنیای فیزیک ـ می‌شود. تصور من آن است که اینجا همان ایستگاهی در امتداد شاهراه علم باشد که اغلب ما باید از وسیلهٔ نقلیهٔ خود پیاده شویم. در اینجا جمله‌ای را از نشریهٔ نیویورک تایمز نقل می‌کنیم که این نکته را به ساده‌ترین زبان ممکن برای مخاطبان عامی خود بیان می‌کند: «فرآیند ۱اکپیروتیک (*ekpyrotic*) در گذشته‌های بی‌نهایت دور با یک جفت نیم غشای تهی آغاز می‌شود که به موازات یکدیگر در فضایی پنج بُعدی و تاب برداشته نشسته‌اند... این دو نیم غشا که جداره‌های بُعد پنجم را تشکیل می‌دهند به احتمال زیاد در گذشته‌ای بمراتب دورتر از آن به شکل یک نوسان کوانتومی از درون نیستی سر برآورده و سپس از هم جدا شده‌اند.» در این مورد، هیچ بحثی نیست. هیچ کس هم آن را درک نمی‌کند. ۱اکپیروتیک، از قضا، از ریشهٔ یونانی و به معنی «آتش سوزی» بزرگ است.

مسایل علم فیزیک در روزگار ما به چنان اوجی رسیده‌اند که به گفته پُل دیویس در نشریهٔ نیچر، «تشخیص چیز عجیب و غریب مشروع از چیز عجیب و غریب آشکارا نامشروع برای شخص غیر دانشمند، تقریباً غیر ممکن است. در پاییز سال ۲۰۰۲ وقتی دو برادر دوقلو و هر دو از فیزیک‌دانان فرانسوی به نام‌های ایگور و گریکها باگدانوف، نظریه‌ای با پیچیدگی بلندپروازانه شامل مفاهیمی چون «زمان موهومی» و «شرایط کوبو-شوینگر-مارتین» را مطرح ساختند و مدعی توصیف عدمی شدند که تا پیش از انفجار بزرگ به معنی کائنات بود ـ دوره‌ای که همواره ناشناخته فرض می‌شد (زیرا به دورهٔ پیش از پیدایش علم فیزیک و خواص آن تعلق داشت) ـ این مساله به شکلی جالب به مراحل حساس خود رسید.

گزارش باگدانف، تقریباً به شکلی ناگهانی، به آغاز این مباحثه در میان فیزیک‌دان‌ها انجامید که آیا با ادعایی بی‌سروته سروکار دارند، نتیجهٔ کار یک نابغه در برابرشان قرار گرفته است یا آنکه به یک مشت مهملات گوش می‌دهند. پیتر ویت از فیزیک‌دانان دانشگاه کلمبیا به نشریهٔ نیویورک تایمز گفت: «از لحاظ علمی، کم و بیش، آشکارا سخنی بی‌ربط است، اما این روزها چنین چیزی موجب متمایز شدن آن از انبوه دیگر مطالبی که در این زمینه نوشته می‌شود، نمی‌گردد.»

کارل پوپر، که استیون واینبرگ او را «پیش‌کسوت فیلسوفان علم در عصر جدید» نامیده است، یک بار متذکر شد که در علم فیزیک، ممکن است هیچ نظریهٔ غایی وجود نداشته باشد ـ یعنی به عبارت دیگر، هر تبیینی ممکن است نیازمند تبیینی دیگر باشد و «زنجیرهٔ بی‌نهایتی از اصول بیش از پیش بنیادی» را به دنبال آورد. یک امکان برای احیاء، آن است که چنین دانشی ممکن است صرفاً از حیطهٔ درک ما فراتر باشد. واینبرگ در کتاب رویاهای یک نظریهٔ نهایی می‌نویسد: «تا اینجا، متاسفانه به نظر نمی‌رسد که ما به پایان منابع عقلی خویش رسیده باشیم.»

تقریباً بدون هیچ تردیدی، این همان عرصه‌ای است که شاهد پیشرفت‌های فکری باز هم بیشتری خواهد شد و تقریباً بدون هیچ تردیدی این فکرها باز هم از حیطهٔ ادراک اغلب ما انسان‌ها خارج خواهند بود.

در حالی که فیزیک‌دان‌ها در دهه‌های میانی سدهٔ بیستم حیرت زده در دنیای ذرات بسیار ریز به کندوکاو پرداخته بودند اخترشناسان درمی‌یافتند که اطلاعات‌شان در مورد کل کائنات به طرز چشمگیری ناچیز و ناقص است.

وقتی آخرین بار با ادوین هابل دیدار کردیم، او پی برده بود که تقریباً تمام کهکشان‌های واقع در میدان دید ما در حال فرار از ما هستند و سرعت و فاصلهٔ این عقب‌نشینی، تقریباً دارای نسبت مستقیم با یکدیگر است: هرچه فاصلهٔ کهکشان بیشتر باشد سرعت فرارش بیشتر است. هابل متوجه شد که این واقعیت را می‌توان با یک معادلهٔ ساده یعنی $Ho=v/d$ بیان کرد (که در آن Ho به معنی ثابت، v به معنی سرعت عقب‌نشینی کهکشان در حال فرار، و d به معنی فاصلهٔ آن کهکشان از کرهٔ زمین است). از آن زمان تاکنون Ho معادل ثابت هابل و کل معادله نیز به عنوان قانون هابل شناخته شده است. هابل با استفاده از فرمول خود در محاسباتی که انجام می‌داد به این نتیجه رسید که در حدود دو میلیارد سال از عمر کائنات می‌گذرد، که این تا حدودی غیر قابل قبول به نظر می‌رسید زیرا حتی تا اواخر دههٔ ۱۹۲۰ معلوم شده بود که عمر بسیاری از اجزای کائنات ـ بویژه خود کرهٔ زمین ـ احتمالاً بیش از این است. اصلاح و پالایش این رقم از آن زمان تاکنون از نگرانی‌های دایمی علم کیهان‌شناسی بوده است.

تقریباً تنها چیزی که در ثابت هابل دستخوش تغییر نشد، دامنهٔ اختلاف نظر در مورد رقمی بود که می‌بایست بدین منظور تعیین می‌شد. در سال ۱۹۵۶ اخترشناسان دریافتند که ستارگان متغیر قیفاووسی، از آنچه ایشان تصور کرده بودند متغیرترند، این ستارگان بر دو نوع بودند، نه یک نوع. این کشف به اخترشناسان امکان داد که در محاسبات‌شان تجدید نظر کنند و به عمری تازه از ۷ میلیارد تا ۲۰ میلیارد سال برای کائنات برسند ــ که گرچه آنقدرها دقیق نبود ولی چنان عمری بود که دست کم می‌توانست شامل شکل‌گیری کرهٔ زمین نیز بشود.

در سال‌های پس از آن، مباحثه‌ای طولانی بین آلن ساندیج وارث هابل در رصدخانهٔ ماونت ویلسن، و ژرار دو ووکولور اخترشناس فرانسوی تبار مستقر در دانشگاه تکزاس آغاز شد. ساندیج پس از انجام سال‌ها محاسبهٔ دقیق به رقم ۵۰ برای ثابت هابل رسید و عمر کائنات را ۲۰ میلیارد سال اعلام کرد. دو ووکولور نیز به همان اندازه مطمئن بود که ثابت هابل ۱۰۰ است.* این بدان معنی بود که بزرگی و عمر کائنات یک دوم آن چیزی است که ساندیچ اعلام می‌کرد ــ یعنی ۱۰ میلیارد سال. در سال ۱۹۹۴ وقتی گروهی از دانشمندان رصدخانه‌های کارنگی در کالیفرنیا با استفاده از مقیاس‌های به دست آمده از تلسکوپ فضایی هابل گفتند که عمر کائنات می‌تواند تا حد ناچیز هشت میلیارد سال کاهش یابد ــ عمری که حتی به اعتراف خودشان از عمر برخی ستارگان کائنات کمتر بود ــ چرخش ناگهان دیگری در جهت عدم قطعیت ایجاد شد. در فوریهٔ ۲۰۰۳ گروهی از دانشمندان سازمان ناسا و مرکز پروازهای فضایی گُدارد در مریلند با استفاده از یک ماهوارهٔ جدید و دوربرد به نام کاوشگر Wilkinson Microwave Anistropy با اندک

---

* البته شما حق دارید در شگفت شوید از این که منظور از «ثابت ۵۰» یا «ثابت ۱۰۰ دقیقاً چیست. پاسخ این پرسش در واحدهای نجومی نهفته است. اخترشناسان جز در محاورهٔ عادی هیچگاه از واحد سال نوری استفاده نمی‌کنند. آن‌ها از فاصله‌ای استفاده می‌کنند که پارسک (*Parsec*) نامیده می‌شود (این واژه، صورت خلاصهٔ دو واژهٔ *Parallax* به معنی اختلاف منظر و *Second* به معنی ثانیه است) و بر اساس یک مقیاس نجومی به نام اختلاف منظر ستاره‌ای استوار گشته و معادل ۳/۲۶ سال نوری است. مقیاس‌های واقعاً بزرگ، مانند ابعاد یک کائنات، برحسب مگا پارسک (یک میلیون پارسک) اندازه‌گیری می‌شوند و ثابت برحسب کیلومتر بر ثانیه بر مگا پارسک. بدین ترتیب، وقتی اخترشناسان به ثابت هابل ۵۰ اشاره می‌کنند منظورشان در واقعیت عبارت است از «۵۰ کیلومتر بر ثانیه بر مگا پارسک». برای اغلب ما انسان‌ها، این مقیاس به‌کلی بی‌معنی است اما در مورد مقیاس‌های نجومی، اغلب فاصله‌ها به قدری بزرگ هستند که یکسره بی‌معنی می‌شوند.

اطمینانی اعلام کردند که عمر کائنات به ۱۳/۷ میلیارد سال به اضافه یا منهای صد و چند میلیون سال است. چنین است داستان عمر کائنات، دست کم تا این لحظه.

دشواری اتخاذ تصمیم‌های نهایی در آن است که غالباً میدانی بسیار گسترده برای انواع تفسیرها باز می‌ماند. تصور کنید که شب هنگام در یک میدان قرار گرفته‌اید و می‌کوشید فاصلهٔ بین دو لامپ دور از هم را تعیین کنید. با استفاده از ابزارهای نسبتاً سادهٔ اخترشناسی، به سادگی می‌توانید دریابید که این لامپ‌ها دارای درخشندگی برابر هستند و فاصلهٔ یکی از آن‌ها از شما معادل ۵۰ درصد از فاصلهٔ آن دیگری بیشتر است. اما آنچه شما نمی‌توانید با اطمینان بگویید این است که لامپ نزدیکتر به شما مثلاً یک لامپ ۵۸ واتی در فاصلهٔ ۱۲۲ فوتی شما است یا یک لامپ ۶۱ واتی در فاصلهٔ ۱۱۹ فوت و ۸ اینچی شما. علاوه بر آن، باید پیش‌بینی لازم برای تغییر شکل‌های ناشی از تغییرات در جو زمین، غبار میان کهکشانی، نور آلایندهٔ ساطع شده از ستارگان صف مقدم، و بسیاری عوامل دیگر را به عمل آورید. حاصل این همه آن است که محاسبات شما الزاماً بر مبنای یک رشته مفروضات تو در تو انجام می‌شود که هر کدام از آن‌ها می‌تواند به سرچشمه‌ای برای اختلاف نظر تبدیل شود. این مسأله نیز در میان است که دسترسی به تلسکوپ، همواره آسان نیست و اندازه‌گیری تاریخی موارد انتقال به قرمز، در قالب زمان تلسکوپ، بسیار پرهزینه بوده است. برای صید یک زمان مشاهدهٔ واحد، گاهی باید تمام ساعات شب را در کنار یا پشت تلسکوپ سپری کرد. نتیجه آنکه اخترشناسان گاهی مجبور (یا مایل) بوده‌اند نتایج کارشان را بر مدارک بویژه نایاب استوار سازند. در علم کیهان‌شناسی، همچنان که جفری کار روزنامه‌نگار می‌گوید، «کوهی از نظریه‌پردازی داریم که روی یک تپهٔ موش مدارک استوار گشته است.» یا به گفتهٔ مارتین ریس: «رضایت کنونی ما [از وضعیت شناخت خودمان] ممکن است بازتابی از کمبود اطلاعات باشد نه کامل بودن نظریه.»

از قضا، این عدم قطعیت به یک اندازه در مورد اشیای نزدیک به ما و لبه‌های دور افتادهٔ کائنات صدق می‌کند. به گفتهٔ دانلد گولدسمیت، وقتی اخترشناسان می‌گویند که کهکشان M87 معادل ۶۰ میلیون سال نوری از ما فاصله دارد، منظور واقعی‌شان آن است که («اما غالباً برای عامهٔ مردم بر آن تأکید نمی‌کنند») کهکشان مزبور چیزی در حدود ۴۰ میلیون و ۹۰ میلیون سال نوری

فاصله دارد ـ نه دقیقاً همان چیزی که گفته‌اند. در مورد کل کائنات، ابعاد این مسایل، طبیعتاً بزرگتر می‌شود. با توجه به تمامی آنچه گفته شد، امروزه بهترین شرط‌بندی در مورد عمر کائنات، ظاهراً در محدودهٔ بین ۱۲ میلیارد تا ۱۳/۵ میلیارد سال تثبیت شده است، اما هنوز تا رسیدن به یک نظر واحد راهی بس طولانی در پیش داریم.

در یک نظریهٔ جالب که اخیراً مطرح شده است گفته می‌شود که ابعاد کائنات تقریباً همان نیست که ما تصور می‌کردیم، و وقتی نقاط دوردست کائنات را مشاهده می‌کنیم برخی از کهکشان‌هایی که می‌بینیم فقط بازتاب‌ها یا تصویرهایی شبح‌گونه هستند که به وسیلهٔ نورهای واتابیده آفریده می‌شوند.

واقعیت آن است که خیلی چیزها وجود دارد، حتی در یک سطح کاملاً بنیادی، که ما از آن‌ها بی‌خبریم ـ تا چه رسد به مادهٔ تشکیل دهندهٔ کائنات. وقتی دانشمندان دست اندرکار محاسبهٔ مقدار مادهٔ ضروری برای در کنار هم نگهداشتن اجزای کائنات می‌شوند، همیشه به طرز مأیوس کننده‌ای کم می‌آورند. چنین به نظر می‌رسد که دست کم ۹۰ درصد کائنات، و احتمالاً تا ۹۹ درصد آن، از «مادهٔ تاریک» فریتس تسویکی ـ ماده‌ای که ماهیتاً توسط ما قابل مشاهده نیست ـ تشکیل شده است. اندکی تحقیرآمیز به نظر می‌رسد اگر بخواهیم تصور کنیم که ما در کائناتی زندگی می‌کنیم که بخش بزرگی از آن حتی برای ما قابل رؤیت نیست، ولی همین واقعیت دارد. دست‌کم نام‌هایی که بر دو مجرم احتمالاً اصلی گذارده‌اند جالب به نظر می‌رسند: این مجرم‌ها یا ویمپ‌ها هستند (Wimps از حروف سرنام واژه‌های Weakly Interacting Massive Particles یا ذرات جرم‌دار با برهمکنش ضعیف، که همان ذرات یا لکه‌های مادهٔ نامریی برجا مانده از انفجار بزرگ هستند) یا ماچوها (MACHOs، از حروف سرنام واژه‌های Compact Halo Massive Objects یا اشیای جرم‌دار هاله‌ای فشرده) ـ که این واژهٔ اخیر عملاً نام دیگری برای سیاه‌چاله‌ها، کوتوله‌های قهوه‌ای، و دیگر ستارگان بسیار تاریک است.

فیزیک‌دانان ذره‌ای، غالباً از تبیین ذره‌ایِ ویمپ‌ها (WIMPs)، و اخترفیزیک‌دانان از تبیین ستاره‌ای ماچوها (MACHOs) جانب‌داری کرده‌اند. مدتها بود که ماچوها بر عرصهٔ نظریه‌پردازی غالب بودند اما تعداد قابل توجهی از آن‌ها یافت نشدند و همین موجب بازگشت توجه به ویمپ‌ها شد. اما از آن

زمان تاکنون هیچ ویمپی پیدا نشده است. چون این ذرات دارای برهمکنش ضعیف هستند (با فرض اینکه اصولاً چنین ذراتی وجود دارند)، ردیابی‌شان بسیار دشوار می‌شود. تداخل اشعهٔ کیهانی در آن‌ها خیلی زیاد است. به همین علت، دانشمندان باید به اعماق زمین بروند. بمباردمان‌های کیهانی در یک کیلومتری زمین معادل یک میلیونیوم همان بمباردمان‌ها در سطح زمین است. اما وقتی همهٔ این اجزا را برهم می‌افزاییم، به گفتهٔ یکی از مفسران، باز «دو سوم کائنات از ترازنامهٔ ما غایب است،» در حال حاضر، می‌توان این ذرات را دانوس (DUNNOS از حروف سرنام واژه‌های Dark Unknown Nonreflective Nondetctable Objacts Somewheve که به‌معنی اشیای تاریک ناشناختهٔ غیرقابل بازیابی و غیرقابل ردیابی در جایی نامشخص است) نامید.

مدارک به دست آمده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که کهکشان‌های موجود در کائنات نه تنها از ما دور می‌شوند بلکه این کار را با سرعتی انجام می‌دهند که هر دم بر شتاب آن افزود می‌شود. این، بر خلاف تمام انتظارات ما است. چنین به نظر می‌رسد که نه فقط مادهٔ تاریک بلکه انرژی تاریک نیز ممکن است کائنات را انباشته سازد. دانشمندان، گاهی این انرژی را انرژی خلاء نیز نامیده‌اند یا اصطلاح نامتعارف‌تر «هستهٔ اصلی» را در توصیف آن به کار برده‌اند. این انرژی هرچه باشد، به نظر می‌رسد پهنه‌ای را به حرکت درآورده است که بر روی هم کسی نمی‌تواند به علت آن پی ببرد. این نظریه بر آن است که فضا به طور کلی خالی نیست ــ یعنی ذرات ماده و ضد ماده دایماً در آن به وجود می‌آیند و دوباره از آن خارج می‌شوند ــ و همین‌ها کائنات را با سرعتی هرچه شتابان‌تر رو به خارج می‌کشانند. آنچه به قدر کافی نامحتمل می‌نماید این است که تنها چیزی که این مسأله را حل می‌کند ثابت کیهان شناختی اینشتین است ــ همان معادلهٔ کوچکی که او در نظریهٔ نسبیت عمومی وارد کرد تا گسترش فرضی کائنات را متوقف سازد، و آن را «بزرگ‌ترین اشتباه زندگی خود» نامید. اکنون چنین به نظر می‌رسد که شاید بالاخره حق با او بود و او مساله را درست فهیمده بوده است.

ماحصل این همه آن است که اکنون ما در کائناتی زندگی می‌کنیم که نمی‌توانیم عمرش را دقیقاً محاسبه و تعیین کنیم، دورتا دورمان را ستارگانی گرفته‌اند که بر روی هم نمی‌دانیم در چه فاصله‌ای از ما واقع شده‌اند، از ماده‌ای

انباشه شده است که شناختش برای ما غیرممکن است، بر طبق برخی از قوانین فیزیکی عمل می‌کند که ما نمی‌توانیم به خواص حقیقی آن‌ها پی ببریم.

و با طرح این نکتهٔ نسبتاً نگران‌کننده، بیایید دوباره به کرهٔ زمین بازگردیم و به بررسی چیزی بپردازیم که از آن سر در می‌آوریم ــ هرچند، اکنون شاید دیگر در شگفت نشوید اگر گفته شود که ما این چیز را به طور کامل نمی‌شناسیم و آنچه در این مورد سر در می‌آوریم به تازگی برای‌مان میسر شده است.

# ۱۲ کرهٔ زمین می‌گردد

آلبرت اینشتین در یکی از آخرین کارهای تخصصی‌اش پیش از آنکه در سال ۱۹۵۵ چشم از جهان فرو بندد، پیشگفتاری کوتاه اما پرهیجان بر کتابی نوشت که از چارلز هپگود زمین‌شناس با عنوان پوستهٔ جابه‌جا شوندهٔ کرهٔ زمین: کلید حل برخی مسایل اساسی علم زمین‌شناسی انتشار داد. کتاب هپگود به عنوان ابزاری برای تخریب این اندیشه نوشته شده بود که می‌گفت قاره‌های زمین در حرکت دایمی‌اند. هپگود با لحنی که چیزی جز فراخواندن خوانندهٔ کتابش به پیوستن به او در یک خندهٔ شکیبانه از آن استنباط نمی‌شد اعلام کرد که چند انسان خوش باور گفته‌اند «یک تشابه ظاهری در شکل لبه‌های برخی قاره‌ها وجود دارد.» به نظر می‌رسد «که قارهٔ آمریکای جنوبی با قارهٔ افریقا جور در می‌آید، و الی آخر... حتی ادعا شده است که آرایش توده‌های سنگ در دو سوی اقیانوس اطلس نیز با یکدیگر جور در می‌آید.»

آقای هپگود، هرگونه نظریهٔ مشابه اعلام شده در این مورد را زیرکانه کنار گذاشت و متذکر شد که دو زمین‌شناس به نام‌های ک. ا. کیستر و ج. چ. مندس، تحقیقات میدانی گسترده‌ای در هر دو سوی اقیانوس اطلس انجام داده و بدون هیچ تردیدی اثبات کرده‌اند که چنین تشابهاتی اصولاً وجود ندارد. خدا می‌داند که جنابان کیستر و مندس به کدامین بیرون‌زدگی‌های خشکی در دو سوی اقیانوس اطلس نگاه کرده‌اند، زیرا واقعیت آن است که بسیاری از آرایش‌های توده‌های سنگ در دو سوی اقیانوس اطلس، یکی هستند ـ فقط خیلی مشابه نیستند بلکه یکی هستند.

این اندیشه‌ای نبود که توسط آقای هپگود یا چند زمین‌شناس دیگر در روزگار او مطرح شده باشد. نظریه‌ای که هپگود تلویحاً به آن اشاره می‌کرد نظریه‌ای بود که نخستین‌بار در سال ۱۹۰۸ توسط یک زمین‌شناس غیرحرفه‌ای آمریکایی به نام فرانک برسلی تیلر مطرح شد. تیلر از خانواده‌ای ثروتمند برخاسته بود و امکانات و آزادی لازم از قید و بندهای دانشگاهی را برای دنبال کردن پژوهش‌های غیر سنتی در اختیار داشت. او یکی از کسانی بود که تحت تأثیر تشابه شکلی موجود بین دو خط ساحلی قاره‌های افریقا و آمریکای جنوبی در مقابل هم قرار گرفت، و به دنبال آن این نظریه را مطرح ساخت که قاره‌های مذکور یک زمانی در گذشته‌های دور از یکدیگر جدا شده‌اند. همچنان که بعدها معلوم شد، او با نوعی پیشگویی اعلام داشت که برخورد قاره‌های جهان می‌توانسته است علت پیدایش سلسله کوه‌های موجود در جهان بوده باشد. اما او نتوانست مدارک چندانی در این زمینه فراهم آورد، و نظریه‌اش عجیب و غریب‌تر از آن به نظر رسید که در خور توجه کافی باشد.

لیکن در آلمان، اندیشهٔ تیلر توسط نظریه‌پردازی آلمانی به نام آلفرد وگنر که از هواشناسان دانشگاه ماربورگ بود دنبال شد و عملاً به خود او تعلق گرفت. وگنر، دربارهٔ نابهنجاری‌های گوناگون گیاهی و فسیلی که به راحتی در مدل استاندارد تاریخچهٔ کرهٔ زمین نمی‌گنجید تحقیق کرد و به این نتیجه رسید که هرگاه مدل مذکور به شکل سنتی تفسیر شود بخش بسیار کوچکی از آن مفهوم واقع خواهد شد. فسیل‌های جانوران، مکرراً در دو سوی اقیانوس‌هایی یافت می‌شدند که فاصلهٔ بین آن‌ها را قطعاً نمی‌شد با شنا کردن پیمود. او از خود پرسید: راستی، کیسه‌داران چگونه توانستند از آمریکای جنوبی به استرالیا بروند. حلزون‌های مشابه چگونه از اسکاندیناوی و نیوانگلند سردرآوردند؟ و راستی، چگونه، پس از رسیدن به آنجاها، اگر از آب و هوای گرم‌تر به آنجا مهاجرت نکرده بودند، یکی از آن‌ها به پیدایش رگه‌های زغال سنگ و دیگر بقایای نیمه گرمسیری در نقاط یخ بسته‌ای چون اسپیتسبرگن در چهارصد مایلی شمال نروژ انجامید؟

وگنر این نظریه را مطرح ساخت که قاره‌های کرهٔ زمین پیش از آنکه از یکدیگر جدا شده و در جاهای کنونی خود قرار گرفته باشند روزگاری در قالب یک گسترهٔ خشکی به نام پانگایا درکنار هم قرار داشته‌اند، به طوری که گیاهان و

جانوران می‌توانسته‌اند در آن با هم درآمیزند. او تمام این نظراتش را در کتابی با عنوان منشاء قاره‌ها و اقیانوس‌ها گنجانید و در سال ۱۹۱۲ به زبان آلمانی انتشار داد. علیرغم آغاز جنگ جهانی در سال ۱۹۱۴، ترجمهٔ انگلیسی آن نیز سه سال پس از متن آلمانی منتشر شد.

به علت آغاز جنگ، نظریهٔ وگنر در آغاز، چندان توجهی به خود جلب نکرد اما در سال ۱۹۲۰ یعنی زمانی که ویرایش تجدید نظر شده و تکمیل شدهٔ کتابش منتشر شد، در اندک مدتی موضوع بحث‌ها و مذاکرات بین دانشمندان شد. همهٔ دانشمندان می‌پذیرفتند که قاره‌های جهان در حال حرکت هستند، اما حرکت به بالا و پایین نه به چپ و راست. فرآیند حرکت عمودی که همستادی یا ایزوستازی نامیده می‌شود، در طی عمر چندین نسل شالودهٔ اعتقادات زمین‌شناختی را تشکیل می‌داد، هرچند هیچ دانشمندی نظریهٔ معتبری در خصوص چگونگی یا چرایی وقوع آن مطرح نکرده بود. یک نظریه، که تا روزگار من نیز به عمر خود در کتاب‌های درسی ادامه می‌داد، نظریهٔ سیب درختی تنوری بود که توسط ادوارد سوئس استرالیایی در آستانهٔ پایان سدهٔ نوزدهم مطرح شده بود. در این نظریه گفته می‌شد که کرهٔ زمین مذاب، همچنان که تدریجاً سرد می‌شد، درست مانند یک سیب درختی تنوری چروک برداشت و بدین ترتیب حوضه‌های آبگیر اقیانوس‌ها و سلسله کوه‌ها را پدید آورد. هیچ اهمیتی ندارد که جیمز هاتن مدتها پیش از آن اثبات کرده بود که هر آرایش ایستای مشابهی، سرانجام به پیدایش شبه کره‌ای فاقد هرگونه برجستگی یا فرورفتگی می‌انجامد زیرا فرسایش موجب تسطیح برجستگی‌ها و پر شدن فرورفتگی‌ها می‌شود. همچنان که راترفرد و سادی در اوایل همین سده اثبات کردند، این مسأله نیز وجود داشت که عناصر کرهٔ خاکی، دارای ذخایر عظیم گرما در خود هستند ــ خیلی بیش از آنچه سرد شدن و چروک برداشتن مورد نظر سوئس در آن تحقق پیدا کند. به هر حال، اگر نظریهٔ سوئس درست می‌بود، در آن صورت کوه‌ها می‌بایست به شکلی یکنواخت در سراسر کرهٔ خاکی پراکنده می‌شدند، که آشکارا چنین نشد، و علاوه بر آن عمرشان نیز می‌بایست فرقی باهم نداشته باشد؛ با این حال، در نخستین سال‌های دههٔ ۱۹۰۰ معلوم شده بود که عمر برخی از رشته کوه‌ها، مانند کوه‌های اورال و آپالاش، صدها میلیون سال از رشته

کوه‌های دیگر مانند کوه‌های آلپ و راکی بیشتر است. بدون تردید زمانه برای طرح نظریه‌ای نو آماده شده بود. متأسفانه آلفرد وگنر آن کسی نبود که زمین‌شناسان چنین انتظاری از او داشته باشند.

پیش از هر چیز، نظرات افراطی او مبانی رشتهٔ زمین‌شناسی را زیر سؤال برد و کمتر در نقش روشی مؤثر برای ایجاد اشتیاق در مخاطبانش عمل کرد. طرح چنین چالشی از سوی یک زمین‌شناس، به قدر کافی ناگوار بود، اما وگنر هیچ سابقه یا گذشته‌ای در علم زمین‌شناسی نداشت. او از هر جهت یک هواشناس بود. هواشناس ـ آنهم هواشناس آلمانی. این نواقص، قابل علاج نبودند.

بدین ترتیب، زمین شناسان به هر دری زدند و هر کاری از دست‌شان بر می‌آمد انجام دادند تا مدارک او را کنار بگذارند و نظراتش را بی‌اهمیت جلوه دهند. برای غالب آمدن بر موضوع پراکندگی فسیل‌ها، آن‌ها نظریهٔ قدیمی «پل‌های خشکی» را در هر مورد که ضروری می‌شد مطرح می‌کردند. وقتی معلوم می‌شد یک اسب باستانی به نام هیپاریون (Hiparion) در یک زمان واحد در فرانسه و فلوریدا زندگی می‌کرده است، پلی طویل بین اروپا و آمریکا در اقیانوس اطلس می‌زدند. وقتی پی می‌بردند که تاپیرهای (خوک‌های خرطوم‌دار) قدیمی در یک زمان در آمریکای جنوبی و آسیای جنوب شرقی به سر می‌برده‌اند، در آنجا نیز یک پل خشکی کشیده می‌شد. در اندک مدتی، نقشه‌های دریاهای پیش از تاریخ ـ از آمریکای شمالی تا اروپا، از برزیل تا افریقا، از آسیای جنوب شرقی تا استرالیا، از استرالیا تا قطب جنوب ـ پر از پل‌های خشکی فرضی شدند. این پیچک‌های ارتباطی نه فقط در هر جایی که وجودشان برای انتقال یک موجود زنده از یک گسترهٔ خشکی به گستره‌ای دیگر ضروری بود به راحتی سر برآوردند بلکه پس از آن، از روی محبت و بدون آنکه اثری از وجود قبلی خود برجا گذاشته باشند، ناپدید شدند. البته هیچ یک از اینها از پشتیبانی کوچکترین مدرک واقعی برخوردار نبودند ـ چیزی تا این اندازه اشتباه نمی‌توانست وجود داشته باشد ـ اما عرف زمین‌شناسی در طی پنجاه سالهٔ بعدی را تشکیل می‌دادند.

حتی ابداع پل‌های خشکی نتوانست برخی چیزها را تبیین کند. یکی از گونه‌های تریلوبیت که به خوبی در اروپا شناخته شده بود معلوم شد که در نیوفوندلند نیز زندگی می‌کرده است ـ اما فقط در یک طرف. هیچ کس نتوانست

به طرزی مستدل نشان دهد که این جانور دریایی چگونه توانسته بود یک مسافت دو هزار مایلی را در دل اقیانوس دشمنکام بپیماید اما راه برگشت خود را از گوشهٔ جزیره‌ای به پهنای ۲۰۰ مایل پیدا نکند. یک گونهٔ نابهنجارتر از این، تریلوبیتی بود که در اروپا و شمال‌غرب اقیانوس آرام یافت شد اما در حد فاصل این دو نقطه هیچ اثری از آن دیده نشد، چون در اینجا پیش از آنکه پل خشکی ضرورت داشته باشد به پل هوایی نیاز است. با این حال، در اواخر سال ۱۹۶۴ که دایرةالمعارف بریتانیکا به بررسی نظریه‌های مخالف در این زمینه پرداخت، معلوم شد که نظریهٔ وگنر «از انبوه دشواری‌های بزرگ نظری» انباشته است.

تردیدی نیست که وگنر اشتباهاتی داشت. او مدعی بود که گرینلند هر سال به اندازهٔ یک مایل در جهت غرب حرکت می‌کند، که آشکارا بی معنی است. (این حرکت، بیشتر به یک دوم اینچ در سال شباهت دارد.) بویژه آنکه او نتوانست هیچ تبیین متقاعدکننده‌ای در مورد چگونگی حرکت و جابجایی گستره‌های خشکی مطرح سازد. برای پذیرفتن نظریهٔ وگنر، می‌بایست می‌پذیرفتیم که قاره‌های بزرگ زمین، به شکلی از میان پوستهٔ جامد آن عبور کرده‌اند، درست مانند عبور خیش در خاک، بدون بر جای گذاشتن شیاری در پشت سر. با تکیه بر دانش آن روز بشر به هیچ وجه نمی‌شد گفت نیروی محرک این جابه‌جایی‌ها از کجا تأمین می‌شود.

آرثر هولمز زمین‌شناس انگلیسی که تلاش‌های بسیاری برای تعیین عمر کرهٔ زمین به عمل آورده بود یک راه ممکن بدین منظور پیشنهاد کرد. هولمز نخستین دانشمندی بود که متوجه شد گرم شدن رادیواکتیوی می‌تواند موجب تولید جریان‌های همرفتی در درون کرهٔ زمین شود. از لحاظ نظری، جریان‌ها می‌توانند دارای قدرت کافی برای جابه‌جا کردن قاره‌ها در سطح کرهٔ زمین باشند. هولمز در کتاب درسی معروف و متنفذ خود به نام اصول زمین‌شناسی فیزیکی که نخستین‌بار در سال ۱۹۴۴ منتشر شد، نظریهٔ رانش قاره‌ای را مطرح ساخت که از لحاظ اصول، امروزه نیز نظریه‌ای غالب به شمار می‌رود. این نظریه، مدت‌های مدید، پیشنهادی افراطی تلقی می‌شد و بسیاری از اندیشمندان بویژه در ایالات متحد آمریکا که مقاومت در برابر آن بیش از هر جای دیگر ادامه یافت زبان به انتقاد از آن گشودند. یکی از منتقدان بی‌آنکه هدفی طنزآمیز داشته باشد، اظهار داشت که هولمز دلایل خود را به شکلی چنان واضح و جذاب مطرح کرده است

که دانشجویان و محققان می‌توانند آن‌ها را عملاً درک کنند.

اما همین نظریه در جاهای دیگر با حمایتی پیوسته اما احتیاط‌آمیز مواجه شد. در سال ۱۹۵۰ در جریان یک رأی‌گیری در جلسهٔ سالانهٔ انجمن بریتانیایی پیشبرد علوم معلوم شد که در حدود نیمی از حاضران در جلسه با نظریهٔ رانش قاره‌ای آشنا هستند. (اندکی پس از جلسهٔ مذکور، هپگود این رقم را به عنوان دلیلی برای اثبات گمراهی غم‌انگیز زمین‌شناسان بریتانیایی نقل کرد.) نکتهٔ جالب توجه آن است که خود هولمز نیز گاهی در اعتقادات خویش دچار تزلزل می‌شد. در سال ۱۹۵۳ او اعتراف کرد: «من هیچگاه نتوانسته‌ام خودم را از یک پیشداوری عذاب‌آور علیه رانش قاره‌ای خلاص کنم: به عبارت دیگر، احساس می‌کنم که فرضیهٔ مزبور در میان استخوان‌های زمین‌شناختی من فرضیه‌ای خارق‌العاده است.»

نظریهٔ رانش قاره‌ای در ایالات متحد آمریکا یکپارچه فاقد پشتیبان نبود. رجینالد دالی از دانشگاه هاروارد مدافع این نظریه بود، اما حتماً به یاد دارید که او همان کسی بود که گفت کرهٔ ماه بر اثر یک ضربهٔ کیهانی شکل گرفته است، و اندیشه‌هایش نیز معمولاً جالب و حتی ارزشمند ولی اندکی پرنشاط‌تر از آن به شمار می‌رفتند که در خور بررسی جدی شناخته شوند. و بدین ترتیب بسیاری از استادان آمریکایی از این اعتقاد پشتیبانی کردند که قاره‌های کرهٔ زمین از آغاز در جاهای کنونی خود بوده‌اند و برجستگی‌ها و فرورفتگی‌های سطحی آن‌ها را می‌توان به چیزی غیر از حرکات جانبی نسبت داد.

جالب توجه اینجاست که زمین‌شناسان شرکت نفت از سال‌ها پیش می‌دانسته‌اند که برای رسیدن به نفت در زیر زمین باید نوع حرکات سطحی پیش‌بینی شده در تکتونیک صفحه‌ای را بشناسیم. اما زمین شناسان میدان‌های نفتی نویسندهٔ مقالات علمی نبودند؛ آن‌ها فقط نفت کشف می‌کردند.

یک مشکل بزرگ دیگر در نظریه‌های زمین‌شناسی وجود داشت که هیچ کسی آن را حل نکرده بود یا حتی به حل آن نزدیک نشده بود. آن مسأله این بود که راستی این همه رسوبات به کجا می‌روند. رودهای کرهٔ زمین، همه ساله مقادیر عظیمی از مواد فرسایش یافته را با خود به دریا حمل می‌کنند ــ مثلاً ۵۰۰ میلیون تن کلسیم.

اگر مقدار رسوبات را در تعداد سال‌های استمرار رسوب‌گذاری ضرب کنید به رقمی نگران کننده خواهید رسید: باید چیزی در حدود ۱۲ مایل رسوبات از سطح کف اقیانوس‌ها به بالا انباشته شده باشد، یا به بیان دیگر امروزه کف اقیانوس‌ها باید از برجستگی‌های آن‌ها بالاتر آمده باشد. دانشمندان، این معما را به ساده‌ترین شکل ممکن حل کردند. بدین معنی که آن را نادیده گرفتند. اما سرانجام به نقطه‌ای رسیدند که دیگر نمی‌شد آن را نادیده گرفت.

در جنگ دوم جهانی، یکی از کانی‌شناسان دانشگاه پرینستن به نام هری هس به سرپرستی یک کشتی ترابری تهاجمی به نام کشتی کیپ جانسن منصوب شد. در عرشهٔ این کشتی یک ژرفایاب عجیب و غریب به نام فاتومتر (ژرفایاب) وجود داشت که برای تسهیل مانوورهای ساحلی به هنگام پیاده کردن نفرات و تجهیزات در ساحل طراحی شده بود، اما هس متوجه شد که می‌تواند از دستگاه مزبور برای هدف‌های علمی نیز استفاده کند و به همین دلیل حتی وقتی در گرماگرم جنگ در دریا پیش می‌رفت، هیچگاه آن را خاموش نمی‌کرد. اما آنچه او پیدا کرد، نتیجه‌ای اساساً غیرمنتظره بود. اگر کف اقیانوس به دوره‌های گذشتهٔ زمین‌شناسی مربوط می‌شد، همچنان که همه چنین فرض می‌کردند، می‌بایست لایهٔ ضخیمی از رسوبات بر آن نشسته بوده باشد، مانند گلی که در کف هر رودخانه یا دریاچه انباشته می‌شود. اما قرائت‌های هس از دستگاه ژرفایاب نشان داد که در کف اقیانوس هر چیزی یافت می‌شود به استثنای گل و لای چسبناک و نرم انباشته از روزگار باستان. در همه جای آن دره‌ها، گودال‌ها، و شکاف‌های طولانی و تپه‌هایی آتشفشانی جلب توجه می‌کرد که او آن‌ها را به نام آرنلد گویوت از زمین‌شناسان پیشین دانشگاه پرینستن، نامگذاری کرد و گویوت نامید. کل این ماجرا به صورت یک معما درآمده بود، ولی هس در میدان نبرد بود و به همین دلیل این‌گونه افکار را در حافظه‌اش بایگانی می‌کرد.

پس از جنگ، هس به دانشگاه پرینستن بازگشت و به تدریس پرداخت، ولی اسرار کف دریا همچنان بخشی از ذهن او را اشغال می‌کرد. در این ضمن، اقیانوس‌شناسان در سراسر سال‌های دهۀ ۱۹۵۰ دست‌اندرکار نقشه‌برداری‌های بمراتب پیچیده‌تری از کف اقیانوس‌ها شده بودند. آن‌ها در جریان این نقشه‌برداری‌ها به یک کشف شگفت‌انگیزتر دست یافتند: بزرگترین و

گسترده‌ترین رشته کوه در امتداد بستر دریاهای جهان تا حدودی به رگه‌ها و درزهای روی توپ بسکتبال شباهت داشت. اگر مشاهدهٔ آن را از محلی مانند ایسلند آغاز کنید می‌توانید تا اعماق اقیانوس اطلس به مسیرتان ادامه دهید، قارهٔ افریقا را دور بزنید، به اقیانوس هند و دریای جنوب استرالیا برسید؛ از آنجا، این رشته کوه مسیرش را طوری کج می‌کند که گویی پیش از ادامه یافتن در امتداد ساحل غربی ایالات متحد آمریکا تا آلاسکا می‌خواهد به سوی شبه جزیرهٔ کالیفرنیای سفلی پیش برود. در برخی جاها، قله‌های بلندترش به صورت یک جزیره یا مجمع‌الجزایر از آب سر بر می‌آورند ـ مانند جزایر آزور و قناری در اقیانوس اطلس، هاوایی در اقیانوس آرام ـ اما بخش بزرگی از آن در زیر هزاران متر دریای نمک ناشناخته و ناکاویده دفن شده است. وقتی طول تمام شاخه‌های این رشته کوه را با هم جمع کنیم به رقمی در حدود ۴۶,۶۰۰ مایل (۷۴,۹۹۵ کیلومتر) می‌رسیم.

تا مدت‌ها، فقط بخش کوچکی از آن رشته کوه شناخته شده بود. کارگران و متخصصانی که کابل‌های کف اقیانوس را در سدهٔ نوزدهم می‌کشیدند از چگونگی قرار گرفتن کابل‌ها متوجه شده بودند که نوعی برآمدگی کوه مانند در میانهٔ اقیانوس اطلس وجود دارد، اما نوع کوه و ابعاد کلی رشته کوه مذکور از شگفتی‌های دور از انتظار بود. گذشته از این، برخی نابهنجاری‌های طبیعی غیر قابل تبیین در آن به چشم می‌خورد. کمی پایین‌تر از رشته کوه واقع در میانهٔ اقیانوس اطلس یک درهٔ بزرگ ـ درهٔ نشستی ـ به پهنای چند ده مایل و طول کل ۱۲۰۰۰ مایل دیده می‌شد. از مشاهدهٔ این دره چنین استنباط می‌شد که کرهٔ زمین در امتداد درزه‌ها از هم می‌شکافد، مانند مغز گردویی که از داخل پوسته‌اش شکاف بر می‌دارد. این پدیده، بی‌معنی و تکان دهنده بود، ولی مدرکی بود که نمی‌شد انکارش کرد.

سپس در سال ۱۹۶۰ نمونه‌برداری مغزه‌ای نشان داد که کف اقیانوس در امتداد رشته کوه میانی اقیانوس اطلس بسیار جوان است اما هرچه در جهت غرب یا شرق پیش برویم بر عمرش افزوده می‌شود. هری هس موضوع را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که چنین چیزی فقط یک معنی دارد: در حال حاضر، پوستهٔ اقیانوس در دو سوی درهٔ نشستی مرکز آن شکل می‌گیرد و با

برآمدن پوستهٔ جدید از پشت آن به اطراف رانده می‌شود. کف اقیانوس عملاً به صورت دو تسمه نقالهٔ عظیم عمل می‌کند، یکی پوسته را در جهت آمریکای شمالی به حرکت در می‌آورد دیگری آن را به سوی اروپا می‌راند.

وقتی پوسته در مرز دو قاره به پایان سفرش می‌رسد، در ضمن فرآیندی که فرورانش نامیده می‌شود برمی‌گردد و دوباره در کرهٔ زمین فرو می‌رود. در اینجا معلوم می‌شود که آن همه رسوب به کجا می‌رود. رسوب به درون دل و رودهٔ زمین باز می‌گردد. همچنین معلوم شد که کف اقیانوس‌ها در همه جا نسبتاً جوان است. هیچ کف اقیانوسی یافت نشد که عمرش از حدود ۱۷۵ میلیون سال تجاوز کند، که باتوجه به عمر غالباً چند میلیارد سالی تودهٔ سنگ‌های قاره‌ای، به نوعی معما تبدیل شده بود. در اینجا هس توانست به پاسخ خود برسد. تودهٔ سنگ‌های اقیانوسی تا زمانی دوام می‌آورد که اقیانوس آن‌ها را با خود در سفر به ساحل به حرکت درآورد. این یک نظریهٔ بسیار زیبا بود که خیلی نکات را روشن کرد. هس اندیشه‌ها و نظراتش را در گزارشی مهم گنجانید، که تقریباً هیچ توجهی را به خود جلب نکرد. گاهی، اصولاً جهان و جهانیان آمادهٔ پذیرش یک نظریهٔ خوب و زیبا نیستند.

در این ضمن، دو پژوهنده که مستقل از یکدیگر کار می‌کردند، با بهره‌گیری از یک واقعیت شگفت‌انگیز مربوط به تاریخ کرهٔ زمین که چندین دههٔ پیش کشف شده بود به دستاوردهای خیره کننده‌ای رسیدند. در سال ۱۹۰۶ یک فیزیک‌دان فرانسوی به نام برنار برون، دریافته بود که میدان مغناطیسی کرهٔ زمین هرچند گاه یک بار معکوس می‌شود و سابقهٔ این معکوس شدن‌ها در زمان زایش برخی سنگ‌ها به صورت دایمی در آن‌ها تثبیت می‌شود. به ویژه آنکه دانه‌های ریز کانهٔ آهن در دل این سنگ‌ها در جهت موقعیت قطب‌های مغناطیسی در زمان شکل‌گیری آن‌ها قرار می‌گیرند و همزمان با سرد شدن و سخت شدن سنگ‌ها در همان جهت باقی می‌مانند. به عبارت دقیق‌تر، این دانه‌ها محل و موقعیت قطب‌های مغناطیسی را در زمان آفریده شدن خودشان «یادآوری» می‌کنند. سال‌های سال، این واقعیت چیزی بیش از یک پدیدهٔ شگفت‌انگیز تلقی نمی‌شد، اما در دههٔ ۱۹۵۰ پتریک بلکت از دانشگاه لندن و س. ک. رانکورن از دانشگاه نیوکاسل به مطالعهٔ الگوهای مغناطیسی منجمد شدهٔ باستانی در میان سنگ‌های بریتانیا پرداختند و وقتی متوجه شدند که بریتانیا زمانی در روزگاران کهن بر محور

خود چرخیده و چنان در جهت شمال حرکت کرده که گویی مهارهایش اندکی شُل شده‌اند، یکه خوردند. گذشته از این، آن‌ها دریافتند که اگر نقشهٔ الگوهای مغناطیسی اروپا را در کنار نقشهٔ الگوهای مغناطیسی آمریکای متعلق به یک دوره قرار دهید، لبه‌هایشان دقیقاً همانند ورق کاغذی که از وسط پاره شده باشد با یکدیگر جور در می‌آیند. این نیز بسیار اسرارآمیز بود.

یافته‌های این دو نیز با بی توجهی مواجه گردیدند.

سرانجام، قرعهٔ فال به نام دو دانشمند از دانشگاه کیمبریج افتاد که تمام سرنخ‌ها را پیدا کنند و به هم نزدیک سازند: یکی زمین فیزیک‌دان به نام درامند متیوز و دیگری فرد واین از دانشجویان فارغ‌التحصیل وی. در سال ۱۹۶۳ آن دو با استفاده از مطالعات مغناطیس‌شناسی کف اقیانوس اطلس، قطعاً اثبات کردند که کف دریاها دقیقاً به همان شکلی گسترش می‌یابد که هس اعلام کرده بود و قاره‌ها نیز در حال حرکت هستند. یک زمین شناس بدبیار کانادایی به نام لارنس مورلی، درست در همان زمان به همان نتیجه رسید اما نتوانست کسی را پیدا کند که مقاله و گزارشش را انتشار دهد. سر دبیر مجلهٔ پژوهش‌های ژئوفیزیکی در عبارتی که امروزه به صورت یک تحقیر مشهور از آن یاد می‌شود به مورلی گفت: «چنین پیش‌بینی‌هایی خوب است در کوکتیل پارتی‌ها بازگویی شود، اما چیزی نیست که نیازی به انتشارش تحت عنوان یک مطلب جدّی علمی باشد.» بعدها یک زمین‌شناس دیگر از این گزارش چنین یاد کرد: «احتمالاً مهم‌ترین گزارش در علوم زمین که از انتشار محروم شد.»

به هر حال، اندیشهٔ حرکت داشتن پوستهٔ زمین اندیشه‌ای بود که زمان پذیرشش سرانجام فرا رسید. در سال ۱۹۶۴ سمپوزیومی از برجسته‌ترین شخصیت‌های زمین‌شناسی زیر نظر انجمن پادشاهی تشکیل شد، و ناگهان معلوم شد که همگان در این زمینه تغییر رأی داده‌اند. حاضران در این اجلاس پذیرفتند که کرهٔ زمین به صورت موزاییکی از قطعات همبسته است که حرکت‌ها و به یکدیگر تنه‌زدن‌هایشان عامل اصلی بخش بزرگی از رفتار سطح کرهٔ زمین به شمار می‌رود.

وقتی معلوم شد که کل پوستهٔ زمین در حرکت است نه صرفاً قاره‌های آن، عبارت «رانش قاره‌ای» تا حدودی سریع کنار گذاشته شد، اما مدتی طول کشید تا نامی برای تک‌تک بخش‌ها پیدا شود. در آغاز، از این بخش‌ها با عبارت «بلوک‌های

پوسته‌ای» یا «قطعات سنگفرش» نام برده می‌شد. سرانجام در سال ۱۹۶۸ به دنبال انتشار مقاله‌ای از سه لرزه‌شناس آمریکایی در نشریهٔ *Journal of Geophysical Research* این بخش‌ها صاحب نامی شدند که از آن روز تاکنون نیز به کار می‌رود: صفحه. در همان مقاله، از علم جدید با عنوان تکتونیک صفحه‌ای نام برده شده بود.

اندیشه‌های کهنه خیلی دیر از میدان به در می‌روند. و از طرف دیگر همهٔ پژوهندگان نیز چندان علاقه‌ای به پذیرش این نظریهٔ هیجان‌انگیز جدید از خود نشان ندادند. تا اواسط دههٔ ۱۹۷۰، در یکی از معروف‌ترین و متنفذترین کتاب‌های درسی در زمینهٔ زمین‌شناسی به نام کرهٔ زمین (*The Earth*) نوشتهٔ هرلد جفریز، با تمام قوا اصرار می‌شد که تکتونیک صفحه‌ای، همچنان که در نخستین ویرایش آن در سال ۱۹۲۴ گفته شده بود، یکی از ناممکنات فیزیکی است. جریان‌های همرفتی و گسترش بستر یا کف دریاها نیز به همین ترتیب رد شده بود. جان مک فی در کتاب حوزهٔ آبگیر و رشته کوه (*Basin and Range*) که در سال ۱۹۸۰ انتشار یافت، اعلام داشت که حتی در آن زمان، یک زمین شناس از هشت زمین‌شناس آمریکایی به تکتونیک صفحه‌ای باور نداشت.

امروزه ما می‌دانیم که سطح کرهٔ زمین از هشت تا دوازده صفحهٔ بزرگ (برحسب اینکه «بزرگ» را چگونه تعریف کنید) و بیست و چند صفحهٔ کوچک‌تر تشکیل شده است که جملگی در جهت‌های مختلف و با سرعت‌های مختلف در حرکتند. برخی از صفحات بزرگ و نسبتاً غیر فعالند و برخی کوچک اما پر انرژی. این صفحات، فقط ارتباطی تصادفی با گستره‌های خاکی واقع بر روی خودشان دارند. مثلاً صفحهٔ آمریکای شمالی، بمراتب بزرگ‌تر از قاره‌ای است که با این صفحه ارتباط دارد. حدود تقریبی آن بر خط کناری سواحل غربی این قاره منطبق است (و به همین علت است که منطقهٔ مذکور از لحاظ لرزه‌خیزی، به علت برخورد و خرد شدن خط مرزی صفحهٔ مذکور، شدیداً فعال است)، اما از قطعه خشکی شرقی یکسره عبور می‌کند و در عوض تا نیمه راه اقیانوس اطلس و رشته کوه میانی آن ادامه می‌یابد. ایسلند در بخش پایینی‌اش دو تکه می‌شود یعنی از لحاظ تکتونیکی، نیمی از آن آمریکایی و نیم دیگرش اروپایی است. اما زلند جدید بخشی از صفحهٔ عظیم اقیانوس هند است، گرچه هیچ نقطه‌ای از آن به اقیانوس هند نزدیک نیست. و الی آخر در مورد اغلب صفحه‌ها.

معلوم شد ارتباطات بین گستره‌های خاکی جدید و گستره‌های قدیمی، بی‌نهایت پیچیده‌تر از آن است که پیش از این تصور می‌شد. مثلاً قزاقستان، روزگاری به نروژ و نیوانگلند وصل بوده است. یک گوشهٔ جزیرهٔ استتن در جنوب شرقی ایالت نیویورک اما فقط یک گوشهٔ آن، اروپایی است. بخشی از نیوفوندلند نیز چنین است. اگر امروزه یک دانه سنگ یا ریگ را از ساحل ماساچوست انتخاب کنید، نزدیک‌ترین خویشاوند آن را در افریقا خواهید یافت. ناحیهٔ کوهستانی اسکاتلند (هایلندز) و بخش بزرگی از اسکاندیناوی، اساساً آمریکایی هستند. گفته می‌شود احتمال می‌رود که بخشی از رشته کوه‌های شکلتن در نواحی جنوبگان، روزگاری بخشی از کوه‌های آپالاش در ایالات متحد آمریکا بوده‌اند. خلاصه آنکه، توده‌های سنگ، جابه‌جا می‌شوند.

حرکت و جابه‌جایی دایمی، مانع جوش خوردن صفحات زمین در قالب یک صفحهٔ بی‌حرکت و ثابت می‌شود. با فرض اینکه وضع به همین طریق ادامه یابد، اقیانوس اطلس همچنان گسترش خواهد یافت تا جایی که از اقیانوس آرام نیز خیلی بزرگتر شود. بخش بزرگی از ایالت کالیفرنیا شناور خواهد شد و پس از جدا شدن از پیکرهٔ ایالات متحد آمریکا به صورت جزیرهٔ ماداگاسکار در اقیانوس آرام در خواهد آمد. قارهٔ افریقا به حرکت خود در جهت شمال و رسیدن به اروپا ادامه خواهد داد، دریای مدیترانه را از میان خواهد برد و موجب برآمدن رشته کوه‌هایی به عظمت هیمالیا از پاریس تا کلکته خواهد شد. استرالیا جزایر شمالی خود را صاحب خواهد شد و از طریق یک تنگهٔ بندناف مانند به آسیا وصل خواهد شد. اینها تحولاتی هستند که در آینده رخ خواهند داد. برخی تحولات نیز در حال حاضر رخ می‌دهند. در لحظاتی که ما در جای خود نشسته‌ایم، قاره‌ها همانند برگ‌هایی که روی آب یک استخر افتاده باشند به این سو و آن سو در حرکتند. در پرتو وجود سیستم‌های مکان‌یابی جهانی (GPS) امروزه می‌توان دید که اروپا و امریکای شمالی با سرعتی معادل سرعت رشد ناخن انسان از یکدیگر فاصله می‌گیرند ـ نزدیک به دو یارد در طول عمر هر انسان. اگر ما آمادگی کافی برای عمری طولانی را می‌داشتیم می‌توانستیم کل فاصلهٔ بین لوس آنجلس تا سانفرانسیسکو را بدین طریق طی کنیم. فقط کوتاهی عمر ما انسان‌ها نمی‌گذارد همگی مستقیماً شاهد وقوع چنین تغییراتی باشیم. اگر

خوب به کرهٔ زمین نگاه کنید متوجه خواهید شد که آنچه در واقعیت می‌بینید عکسی از قاره‌ها به شکلی است که در طی فقط یک دهم از یک درصد تاریخ کرهٔ زمین وجود داشته است.

کرهٔ زمین از لحاظ داشتن تکتونیک (زمین ساخت) در میان سیارات، تنها است و اینکه چرا چنین است خود تا حدودی در پردهٔ اسرار قرار دارد. موضوع صرفاً به ابعاد یا چگالی مربوط نمی‌شود ـ از این جهات سیارهٔ زهره قرینهٔ کرهٔ زمین است اما اثری از فعالیت تکتونیکی در آن به چشم نمی‌خورد. حدس زده می‌شود ـ هرچند حقیقتاً چیزی فراتر از یک حدس نیست ـ که تکتونیک، بخش مهمی از سلامت طبیعی کرهٔ زمین باشد. به گفتهٔ جیمز ترفیل فیزیک‌دان و نویسنده، «مشکل بتوان باور کرد که حرکت پیوستهٔ صفحات تکتونیکی هیچ تأثیری در پیدایش و تکامل حیات بر کرهٔ زمین نداشته است.» او معتقد است که چالش‌های ایجاد شده توسط تکتونیک ـ مانند تغییرات آب و هوا ـ عامل مهمی در پیدایش و تکامل هوش انسان بوده است. عده‌ای دیگر معتقدند که حرکات و رانش‌های قاره‌ها ممکن است دست کم عامل پیدایش برخی پدیده‌های منتهی به انقراض موجودات در کرهٔ زمین بوده باشند. تونی دیکسن از دانشگاه کیمبریج انگلستان در نوامبر ۲۰۰۲ گزارشی تهیه کرد و در نشریهٔ ساینس انتشار داد که در آن قویاً تأکید شده است به احتمال قوی یک رابطهٔ محکم بین تاریخ سنگ‌ها و تاریخ حیات برقرار است. آنچه دیکسن اثبات کرد این واقعیت بود که ترکیب شیمیایی اقیانوس‌های جهان در طی پانصد میلیون سال گذشته به ناگهان و شدیداً تغییر یافته است و این تغییرات نیز غالباً با برخی رویدادهای مهم در تاریخ زیست‌شناسی همبستگی نشان می‌دهند ـ انفجار عظیم موجودات خُرد که موجب آفرینش صخره‌های گچی در سواحل جنوبی انگلستان، گرایش ناگهانی موجودات دریایی به صدف‌دار شدن در دورهٔ کامبرین، و مانند اینها. هیچ کس نمی‌تواند بگوید که چه چیزی عامل این‌گونه تغییرات بنیادی و گهگاهی در ترکیب شیمیایی اقیانوس‌ها می‌شود، اما گشوده شدن و بسته شدن رشته کوه‌های داخل اقیانوس‌ها یک علت آشکار احتمالی به شمار می‌رود.

به هر حال تکتونیک صفحه‌ای نه فقط علت پویایی‌های سطحی کرهٔ زمین ــ مانند چگونگی طی طریق و رسیدن یک هیپاریون از فرانسه به فلوریدا ــ بلکه بسیاری از فعل و انفعالات درونی آن را نیز روشن ساخت. زمین لرزه، شکل‌گیری سلسله جزایر، چرخهٔ کربن، نقاط استقرار کوه‌ها، فرا رسیدن عصرهای یخ‌بندان، و منشاء خود حیات ــ به سختی می‌توان مسأله‌ای را یافت که مستقیماً تحت تأثیر این نظریهٔ چشمگیر جدید قرار نگرفته باشد. همچنان که مک‌فی گفته است، زمین شناسان خود را در این وضعیت سرگیجه‌آور یافتند که در آن «کل کرهٔ زمین ناگهان معنی‌دار شد.»

اما تا یک نقطه. پراکندگی قاره‌ها در روزگاران کهن، در مقایسه با آنچه اغلب افراد خارج از عرصهٔ ژئوفیزیک تصور می‌کنند، با دقت کم‌تری رمزگشایی شده است. گرچه در کتاب‌های درسی از گستره‌های خاکی روزگار باستان با اصطلاحاتی چون لوراسیا، گوندوانا، رودینیا، و پانگایا نام برده می‌شود، اما همین‌ها گاهی بر نتیجه‌گیری‌هایی استوار می‌گردند که به کلی بی‌اعتبارند. همچنان که جورج گیلرد سیمپسن در کتاب فسیل‌ها و تاریخ حیات می‌گوید، گونه‌های گیاهی و جانوری بر جا مانده از جهان باستان، معمولاً به طرزی نابهنگام در جایی ظاهر می‌شوند که نباید ظاهر شوند و در جایی ظاهر نمی‌شوند که باید ظاهر شوند.

خطوط مرزی گوندوانا، که روزگاری یک قارهٔ بزرگ به شمار می‌رفت و قاره‌های استرالیا، افریقا، جنوبگان و آمریکای جنوبی را به یکدیگر وصل می‌کرد، تا حدودی براساس پراکندگی گونه‌ای از سرخس تیغه‌ای باستانی به نام گلوسپتریس (*Glossopteris*) تعیین می‌شد که در نقاط مناسب یافت می‌شد. لیکن، مدت‌ها بعد، همین گلوسپتریس در دیگر نقاط جهان که هیچ ارتباط آشکاری با گوندوانا نداشتند نیز یافت شد. این مغایرت مشکل آفرین، غالباً نادیده انگاشته می‌شد ــ و همچنان نادیده انگاشته می‌شود. به همین طریق، یک خزندهٔ دورهٔ تریاسیک به نام لیستروساروس (*Lystrosaurus*) یافت شده که فاصلهٔ بین جنوبگان تا قارهٔ آسیا را پیموده و به آنجا رسیده است، که تأییدی بر اندیشهٔ وجود ارتباطی قدیمی بین این قاره‌ها است، اما همین خزنده هیچگاه در آمریکای جنوبی یا استرالیا که گفته می‌شود بخشی از همان قاره در همان دوره بوده‌اند یافت نشده است.

بسیاری برجستگی‌ها و فرو رفتگی‌ها نیز در سطح زمین وجود دارند که علم تکتونیک نمی‌تواند آن را تبیین کند. مثلاً ایالت دنوِر را در نظر بگیرید.

همچنان که می‌دانیم برآمدگی این ایالت از سطح زمین در حدود یک مایل است، اما این برآمدگی از تحولات اخیر آن ایالت است. وقتی دایناسورها در کرهٔ زمین پراکنده شدند، ایالت دنور بخشی از بستر یک اقیانوس بود و در سطحی قرار داشت که چند هزار فوت پایین‌تر از سطح کنونی آن بود. با این حال، توده‌های سنگی که دنور روی آن‌ها قرار گرفته، به شکلی شکسته نشده یا تغییر شکل پیدا نکرده‌اند که در صورت برآمدن در نتیجهٔ به هم خوردن صفحات زمین چنین می‌شد، اما به هر حال ایالت دنور به قدری از لبه‌های صفحهٔ خشکی دور بود که تحت تأثیر حرکات آن‌ها قرار نگرفت. این حرکت، همانند فشار وارد آوردن بر لبهٔ یک قالیچه به امید ایجاد چین برداشتگی در طرف مقابل آن است. به طرزی اسرارآمیز و با گذشت میلیون‌ها سال، چنین به نظر می‌رسد که ایالت دنور مانند سطح نانی که در حال پختن باشد بالا آمده است. بخش بزرگی از افریقای جنوبی نیز به همین طریق بالا آمده است؛ بخشی از آن با پهنای یک هزار مایل، در طی ۱۰۰ میلیون سال، بدون وجود هیچگونه فعالیت تکتونیکی شناخته شده و مرتبط با آن، نزدیک به یک مایل بالا آمده است. در این ضمن، استرالیا در حال یک بر شدن و فرو رفتن در آب بوده است. در طی ۱۰۰ میلیون سال گذشته که خشکی مزبور در جهت شمال و به سوی قارهٔ آسیا در حرکت بوده است، لبهٔ جلویی آن نزدیک به ششصد فوت در آب فرو رفته است. چنین به نظر می‌رسد که اندونزی نیز خیلی آرام غرق می‌شود و استرالیا را نیز با خود به قعر دریا می‌برد. هیچ گوشه‌ای از نظریهٔ تکتونیک صفحه‌ای نمی‌تواند هیچ یک از این تغییرات را تبیین کند.

آلفرد وگنر زنده نماند تا شاهد تأیید شدن اندیشه‌هایش باشد. او در یک سفر اکتشافی به گرینلند در سال ۱۹۳۰، در پنجاهمین سالگرد تولدش به تنهایی عازم دریا شد تا به کاهش ذخایر رسیدگی کند. او هیچگاه از این سفر برنگشت. چند روز بعد، جسد یخ‌زده‌اش را روی یخ‌ها پیدا کردند. او را در همان نقطه دفن کردند به طوری که تا امروز در همانجا مانده است اما در مقایسه با روز در گذشتش در حدود یک یارد به آمریکای شمالی نزدیک‌تر شده است.

اینشتین نیز به قدر کافی زنده نماند تا ببیند که از طرف بازنده حمایت کرده است. به بیان دقیق‌تر، او در سال ۱۹۵۵ و حتی پیش از آنکه نادرستی نظریه‌های رانش قاره‌ای توسط چارلز هپگود منتشر شود در پرینستن واقع در ایالت

نیو جرسی چشم از جهان فرو بست.

یکی دیگر از بازیگران بزرگ در پیدایش نظریهٔ تکتونیک صفحه‌ای، یعنی هری هس نیز آن زمان در پرینستن بود و سال‌های باقی ماندهٔ عمرش را در همانجا سپری کرد. یکی از دانشجویان او جوانی تیزهوش به نام والتر آلوارس بود که سرانجام توانست دنیای علم را از راهی کاملاً متفاوت دگرگون سازد.

اما در مورد خود علم زمین‌شناسی باید گفت که انقلابات آن تازه آغاز شده بودند و همین آلوارس جوان موجب آغاز آن فرآیند گردید.

# بخش ۴ سیارهٔ پر خطر

تاریخ هر بخش مجزای کرهٔ زمین، همانند زندگانی یک سـرباز، از دوره‌های طولانی بی‌حوصلگی و دوره‌های کوتاه دهشت تشکـیل می‌شود.

ــ دِرِک و. ایجر. زمین شناس بریتانیایی

## ۱۳ شلیک از کائنات

اهالی شهر مانسن در ایالت آیووا از مدت‌ها پیش می‌دانستند که در زیر این شهر، چیز عجیبی وجود دارد. در سال ۱۹۱۲ مردی که دست اندرکار حفر چاه برای آب‌رسانی به شهر بود گزارش داد که انبوهی از سنگ‌های تغییر شکل یافتهٔ عجیب و غریب ـ «بِرش آواری بلورین با یک خمیرهٔ گداخته» و «لبهٔ برگشتهٔ پرتابهٔ آتشفشانی» به نقل از یک گزارش رسمی که بعدها انتشار یافت ـ از چاه خارج کرده است. آب چاه نیز غیرعادی بود. همچون آب باران، لطیف و گوارا بود. پیش از این، هیچ‌گاه آب گوارای طبیعی در ایالت آیووا یافت نشده بود.

گرچه سنگ‌های عجیب و غریب و آب‌های لطیف و گوارای شهر مانسن کنجکاوی مردم را برانگیخته بود، چهل و دو سال گذشت تا آنکه گروهی از کارشناسان دانشگاه آیووا تصمیم گرفت به محل حفر چاه که همانند امروز شهری با حدود دویست هزار نفر جمعیت در بخش شمال غربی ایالت آیووا بود سفر کند. زمین شناسان دانشگاه آیووا در سال ۱۹۵۳ پس از حفر یک رشته گمانهٔ آزمایشی، اعتراف کردند که عملاً با پدیده‌ای غیرعادی مواجه شده‌اند، و وجود سنگ‌های تغییر شکل یافته را به یک فعالیت آتشفشانی قدیمی و شناسایی نشده نسبت دادند. این واکنش با روش علمی غالب در آن روزها سازگار بود، اما در خصوص اشتباه‌ترین نتیجه‌گیری ممکن در زمین‌شناسی.

ضایعهٔ زمین‌شناسی مانسن نه از درون کرهٔ زمین بلکه از نقطه‌ای به فاصلهٔ دست کم ۱۰۰ میلیون مایل دورتر از آن سرچشمه گرفته بود. در روزگاران قدیم که شهر مانسن بر لبهٔ دریایی کم عمق واقع شده بود سنگی به طول ۱/۵ مایل و

وزن ۱۰ میلیارد تن که احتمالاً با سرعتی معادل دو برابر سرعت صوت در حرکت بود از فضا وارد جو زمین شد و چنان شدید و ناگهانی به زمین اصابت کرد که تصورش برای ما بسیار دشوار است. در نقطه‌ای که شهر مانسن امروز در آن ساخته شده است، سوراخی به عمق سه مایل و طول بیش از بیست مایل ایجاد شد. سنگ آهکی که در دیگر نقاط ایالت آیووا موجب سنگینی آب‌های معدنی می‌شود از میان رفت و جای خود را به همین سنگ‌های خرد شدهٔ زیرزمینی داد که تا آن اندازه موجب سردرگمی حفار چاه آب آشامیدنی در سال ۱۹۱۲ شد.

اصابت سنگ مزبور به ساختگاه شهر مانسن بزرگ‌ترین واقعهٔ طبیعی در سرزمین اصلی ایالات متحد آمریکا بود. از هر نوعی. در هر زمانی. حفره‌ای که این برخورد طبیعی بر جا گذاشت چنان عظیم بود که اگر شخصی در یک لبهٔ آن می‌ایستاد مشاهدهٔ لبهٔ مقابل آن فقط در روزهای آفتابی برایش امکان‌پذیر می‌شد. درهٔ معروف گرند کنیون در مقایسه با آن، چیزی دیدنی و کوچک به نظر می‌رسد. نکتهٔ تأسف‌آور برای دوستداران مناظر زیبا آن است که لایه‌های یخ عبوری در طی ۲/۵ میلیون سال، گودال مانسن را با یخرفت‌های فراوان یخچالی انباشت و سپس سطح آن را صاف کرد به طوری که منظرهٔ طبیعی مانسن امروزی و چندین مایل اطراف آن، مانند سطح یک میز کار صاف و هموار شده است. به همین دلیل است که تاکنون کسی چیزی دربارهٔ این گودال عظیم مانسن نشنیده است.

در کتابخانهٔ مانسن، کتابداران از نشان دادن مجموعه‌ای از مقالات روزنامه‌ها و یک جعبهٔ بزرگ حاوی مغزه‌های استخراج شده در جریان حفاری‌های سال‌های ۱۹۹۱ به مراجعه کنندگان خوشحال می‌شوند ــ به عبارت دیگر، این چیزها را شتابان و با خوشحالی نشان می‌دهند ــ ولی مراجعه کننده باید بگوید که می‌خواهد آن‌ها را ببیند. هیچ چیزی به صورت دایمی نمایش داده نمی‌شود و در هیچ نقطه‌ای از شهر نیز هیچ علامت تاریخی در این مورد به چشم نمی‌خورد.

از نظر بسیاری از ساکنان شهر مانسن، بزرگ‌ترین حادثهٔ طبیعی در آنجا توفان پیچنده‌ای بود که خیابان مین را در سال ۱۹۷۹ درهم پیچید و بخش بازرگانی شهر را متلاشی کرد. یکی از مزایای این همه زمین مسطح در اطراف مانسن آن است که نزدیک شدن خطر را می‌توان از دور دست‌ها مشاهده کرد. آن سال، عملاً کل جمعیت شهر در یک انتهای خیابان مین گرد آمد و تا نیم ساعت به

تماشای نزدیک شدن توفان پیچنده ایستاد، به این امید که توفان تغییر جهت دهد، اما وقتی متوجه شد که چنین تغییر جهتی رخ نخواهد داد با دوراندیشی از آنجا دور شد.

متأسفانه چهار هزار نفر از آن جمعیت انبوه چنانکه باید و شاید سرعت عمل به خرج ندادند و کشته شدند. امروزه در ماه ژوئن هر سال، یک هفتهٔ پر از جشن و شادی به نام روزهای گودال بزرگ در مانسن برگزار می‌شود که هدف از آن کمک به مردم برای از یاد بردن آن سالگرد ناگوار است. البته این مراسم یک هفته‌ای هیچ ربطی به گودال بزرگ ندارد. هیچ کسی در اندیشهٔ استفاده از محل اصابت آن سنگ نیست، چون امروزه به هیچ وجه دیده نمی‌شود.

خانم آنا شلاپکول کتابدار مهربان این شهر می‌گوید: «گاهی با افرادی مواجه می‌شویم که وارد کتابخانه می‌شوند و می‌پرسند برای مشاهدهٔ آن گودال عظیم باید به کجا بروند و ما نیز مجبوریم به آن‌ها بگوییم که چیزی برای دیدن وجود ندارد. با شنیدن این پاسخ، نومید می‌شوند و برمی‌گردند. «ولی اغلب افراد، از جمله مردم آیووا، هرگز چیزی دربارهٔ گودال بزرگ مانسن نشنیده‌اند. حتی برای زمین‌شناسان، ارزش اشاره به آن در پانوشتهٔ یک کتاب را ندارد. اما مانسن در دههٔ ۱۹۸۰ از لحاظ جغرافیایی در یک دورهٔ کوتاه، هیجان‌انگیزترین نقطهٔ روی زمین شد.

داستان از اوایل دههٔ ۱۹۵۰ یعنی زمانی آغاز می‌شود که یک زمین‌شناس جوان و تیزهوش به نام یوجین شومیکر از محل اصابت شهاب معروف به متئور کریتر (Meteor Crater) در ایالت آریزونا بازدید کرد. متئور کریتر امروزه معروف‌ترین محل اصابت شهاب در کرهٔ زمین و از جاذبه‌های گردشگری آن ایالت به شمار می‌رود. ولی آن روزها تعداد بازدید کنندگان از آن بسیار اندک بود و از خود محل نیز همچنان با عنوان گودال بَرینگر یاد می‌شد، چون به نام دنیل م. بَرینگر مهندس معدن ثروتمند آن روز نام‌گذاری شده بود که در سال ۱۹۰۳ مدعی مالکیت آن شده بود. بَرینگر معتقد بود که این گودال بر اثر اصابت یک شهاب سنگ ده میلیون تنی سرشار از آهن و نیکل ایجاد شده است و گمان می‌کرد در صورت پرداختن به حفاری در آن به ثروتی کلان دست خواهد یافت. او بی‌خبر از اینکه شهاب مذکور و تمام محتویات آن در لحظهٔ اصابت به زمین بخار شده‌اند، تمام ثروت خود را در طی بیست و شش سال در راه حفاری

تونل‌هایی از دست داد که هیچ حاصلی برایش نداشتند.

بر اساس معیارهای امروزی، پژوهش در گودال‌های حاصل از اصابت شهاب‌ها در نخستین سال‌های دههٔ ۱۹۰۰ دست‌کم اندکی ساده‌تر بود. نخستین پژوهندهٔ پیشگام در این عرصه، یعنی ج. ک. گیلبرت از دانشگاه کلمبیا، اثرات آن گونه اصابت‌ها را با انداختن قطعات سنگ مرمر به داخل لاوک‌های پر از بلغور مدل‌سازی کرد. (به دلایلی که بیان‌شان از عهدهٔ من خارج است، گیلبرت این آزمایش‌ها را نه در یکی از آزمایشگاه‌های دانشگاه کلمبیا بلکه در اتاق یک هتل انجام داد.) گیلبرت، به شکلی، از اینجا چنین نتیجه‌گیری کرد که گودال‌های سطح کرهٔ ماه بر اثر اصابت شهاب‌ها ایجاد شده‌اند ـ که این فی نفسه نظریه‌ای افراطی در آن زمان به شمار می‌رفت ـ اما گودال‌های سطح زمین چنین نیستند. اغلب دانشمندان حاضر نبودند موضوع را حتی تا آن حدود دنبال کنند. از نظر ایشان، گودال‌های سطح کرهٔ ماه مدارکی دال بر وجود آتشفشان‌های قدیمی در آن بودند نه چیزی دیگر یا بیشتر. چند گودال باقی مانده و قابل مشاهده در سطح کرهٔ زمین (بیشتر آن‌ها بر اثر فرسایش تدریجی ناپدید شده بودند) را عموماً به علت‌های دیگر نسبت می‌دادند یا از پدیده‌های نادر تصادفی به شمار می‌آوردند.

زمانی که شومیکر به محل اصابت آن شهاب رسید یک نظر رایج این بود که متئور کریتر نتیجهٔ یک انفجار بخار زیرزمینی است. شومیکر هیچ چیزی دربارهٔ انفجارهای بخار زیرزمینی نمی‌دانست ـ نمی‌توانست بداند: چون چنین چیزی وجود ندارد! ـ اما منطقه‌های انفجار را به خوبی می‌شناخت. یکی از نخستین شغل‌های او پس از فراغت از تحصیل دانشگاهی، مطالعهٔ حلقه‌های انفجار در منطقهٔ آزمایش‌های هسته‌ای یوکافلتس در ایالت نوادا بود. او نیز همانند بَرینگر پیش از خودش، اعلام کرده بود به این نتیجه رسیده است که در متئور کریتر چیزی وجود ندارد که دلیل بر فعالیت آتشفشانی باشد، اما برخی مواد دیگر ـ عمدتاً سیلیس ریز دانهٔ نابهنجار و مگنتیت ـ به وفور در اینجا پراکنده است که نشان می‌دهد در اینجا یک شهاب از آسمان به زمین اصابت کرده است. او که کنجکاو شده بود، با استفاده از اوقات فراغتش به مطالعهٔ موضوع پرداخت.

او که نخست با همکارش النور هلین و سپس با همسرش خانم کرولین و دیوید لِوی استاد دانشگاه کار می‌کرد، در سیارات داخلی منظومهٔ شمسی به

نقشه‌برداری منظم پرداخت. یک هفته از هر ماه را در رصدخانهٔ پالومار کالیفرنیا صرف جستجو در فضا و گشتن به دنبال اشیاء و به ویژه سیارک‌هایی می‌کردند که مسیر حرکت‌شان آن‌ها را تا مدار کرهٔ زمین می‌کشانید.

سال‌ها بعد، شومیکر در ضمن یک مصاحبهٔ تلویزیونی گفت: «وقتی ما دست به کار شدیم، فقط اندکی بیش از ده ـ دوازده تا از این چیزها در طی کل دورهٔ مشاهدات اخترشناسی کشف شده بودند. اخترشناسان سدهٔ بیستم، اساساً منظومهٔ شمسی را کنار گذاشته بودند. توجه ایشان به ستارگان و کهکشان‌ها جلب شده بود.»

آنچه شومیکر و همکارانش به دست آوردند این بود که حدود خطرات نهفته در آنجا، در مقایسه با هر آنچه تاکنون تصور شده بود، بسی بیشتر است ـ خیلی بیشتر.

سیارک‌ها، همچنان که اغلب مردم می‌دانند، اشیایی سنگی هستند که با آرایشی نسبتاً سست در مداری کمربند مانند بین مشتری و مریخ در حرکتند. در تصویرهایی که از آن‌ها گرفته شده، آن‌ها را همیشه به صورت درهم برهم می‌بینیم، اما واقعیت آن است که منظومهٔ شمسی خیلی بزرگ و جادار است و هر سیارک متوسط عملاً در حدود یک میلیون مایل از نزدیک‌ترین همسایه‌اش فاصله خواهد داشت. هیچ کسی نمی‌داند حتی تقریباً چند سیارک در فضا پراکنده شده‌اند اما احتمال داده می‌شود که تعداد آن‌ها از یک میلیارد کم‌تر نباشد. سیارک‌ها را سیاراتی فرض می‌کنند که هیچگاه کامل نشده‌اند، و علت آن نیز نیروی گرانش برهم زننده در مشتری است که پیش از این از به هم پیوستن آن‌ها جلوگیری کرده است و همچنان جلوگیری می‌کند.

وقتی سیارک‌ها نخستین بار در دههٔ ۱۸۰۰ ردیابی شدند ـ نخستین سیارک در نخستین روز قرن نوزدهم به وسیلهٔ یک سیسیلی به نام جوزپی پیاتسی کشف شد ـ گمان می‌شد سیاره باشند، و دو سیارک نخست نیز سِرِس و پالاس نامیده شدند. فقط پس از نتیجه‌گیری‌های منطقی ویلیام هرشل اخترشناس بود که معلوم شد سیارک‌ها به هیچ‌وجه با سیارات هم‌اندازه نیستند بلکه از آن‌ها بمراتب کوچک‌ترند. همین هرشل بود که عنوان سیارک (asteriod) را بر آن‌ها نهاد ـ که واژه‌ای لاتینی به معنی «ستاره مانند» است ـ که چندان درست نبود زیرا سیارک‌ها هیچ شباهتی به ستارگان ندارند. امروزه گاهی عنوان «سیاره‌وش‌ها» را

برای توصیف آن‌ها به کار می‌برند که از عنوان قبلی دقیق‌تر است.

کشف سیارک در دههٔ ۱۸۰۰ به یکی از سرگرمی‌های عمومی تبدیل شد، به طوری که تا اواخر سدهٔ نوزدهم چیزی در حدود هزار سیارک شناخته شده بودند. مشکل اینجا بود که هیچ کسی یافته‌هایش را به شکل منظم ثبت نمی‌کرد. در نخستین سال‌های دههٔ ۱۹۰۰، تشخیص اینکه سیارک مشاهده شده در یک لحظهٔ خاص، سیارکی تازه است یا آنکه قبلاً مشاهده شده بود اما مسیر حرکتش گم شده بود، غالباً دشوار می‌شد. در همین زمان، علم اخترفیزیک نیز به قدری پیش رفته بود که فقط تعداد انگشت‌شماری از اخترشناسان مایل بودند عمرشان را در راه چیزی پیش پا افتاده مانند سیاره‌وش‌های سنگی صرف کنند. فقط چند اخترشناس، به ویژه خرارد کویپر اخترشناس هلندی تباری که کمربند ستارگان دنباله‌دار کویپر به نام او نامگذاری شده است، مختصر علاقه‌ای به منظومهٔ شمسی از خود نشان دادند. در سایهٔ کارهایی که کویپر در رصدخانهٔ مک دانلد در ایالت تکزاس انجام داد و کارهایی که بعدها دیگران در مرکز خرده سیارات سینسیناتی و پروژهٔ دیده‌بان فضا در ایالات آریزونا انجام دادند، تدریجاً فهرست بلند بالای سیارک‌های گم شده کوتاه‌تر شد تا آنکه در اواخر سدهٔ بیستم فقط یک سیارک شناخته شده بدون توجیه مانده بود ـ جسمی که آلبرت ۷۱۹ نامیده می‌شد. این جسم که آخرین بار در اکتبر ۱۹۲۱ مشاهده شده بود، سرانجام پس از آنکه بیست و هشت سال از گم شدنش می‌گذشت در سال ۲۰۰۰ ردیابی شد.

بدین ترتیب از دیدگاه پژوهش‌های سیارک‌شناختی، سدهٔ بیستم اساساً حکم تمرینی طولانی در دفترداری را پیدا کرد. حقیقتاً فقط در چند سال گذشته است که اخترشناسان دست اندرکار شمارش بقیهٔ اعضای جامعهٔ سیارک‌ها و مراقبت دایمی از آن‌ها شده‌اند. از ابتدای ژوییهٔ ۲۰۰۱ به بعد، بیست و شش هزار سیارک نام‌گذاری و شناسایی شده‌اند ـ نیمی از آن فقط در دو سال گذشته.

به یک معنی، این کار اهمیت چندانی ندارد. شناسایی یک سیارک، امنیتی برای آن فراهم نمی‌آورد. حتی اگر تک تک سیارک‌های موجود در منظومهٔ شمسی دارای نام و مدارهای شناخته شده می‌بودند، هیچ کسی نمی‌تواند بگوید چه تلاطم‌ها و نگرانی‌هایی ممکن است هر یک از آن‌ها را به سوی ما پرتاب کند. ما نمی‌توانیم آشفتگی‌ها و درهم ریختگی‌های توده‌های سنگ سطح کرهٔ زمین را

پیش بینی کنیم. حال اگر آن‌ها را در فضا شناور سازید، کاری که ممکن است از آن‌ها سر بزند از حیطهٔ حدس و گمان ما خارج می‌شود. هر سیارکی که نامی در آن فضای بالا توسط ما بر آن گذاشته شده باشد به احتمال قوی نام دیگری ندارد.

مدار کرهٔ زمین را همچون بزرگ‌راهی در نظر آورید که ما بر تنها وسیلهٔ نقلیهٔ موجود در آن نشسته‌ایم، اما دایماً پیاده‌هایی از مقابلش می‌گذرند که پیش از پاگذاشتن در بزرگ‌راه، اطلاعی از آمدن و نزدیک شدن ما ندارند. دست کم ۹۰ درصد این پیاده‌ها برای ما تماماً ناشناخته‌اند. ما نمی‌دانیم آن‌ها کجا زندگی می‌کنند، چه ساعت‌هایی را در زندگی‌شان رعایت می‌کنند، چند بار در روز بر سر راه ما ظاهر می‌شوند. تنها چیزی که در مورد ایشان می‌دانیم آن است که در نقطه‌ای خاص و به فواصل نامعین، از جاده‌ای عبور می‌کنند که ما با سرعت شصت و شش هزار مایل در ساعت در آن حرکت می‌کنیم. همچنان که استیون اوسترو از آزمایشگاه پیشرانش جتی گفته است، «فرض کنید دکمه‌ای وجود دارد که با فشار دادن آن می‌توانید تمام سیارک‌های بزرگ‌تر از ۱۰ متر را که از مدار زمین عبور می‌کنند روشن سازید، تعداد این اشیاء در آسمان از ۱۰۰ میلیون تجاوز می‌کند.» خلاصه آنکه، شما با این کار نه چند هزار ستارهٔ چشمک زن دور افتاده بلکه میلیون‌ها میلیون شیء نزدیک‌تر را که به طور تصادفی در حرکت هستند مشاهده خواهید کرد ــ «که جملگی قادرند به کرهٔ زمین اصابت کنند و جملگی در امتداد مسیرهایی نسبتاً متفاوت با سرعت‌های متفاوت در آسمان سیر می‌کنند. صحنه‌ای عمیقاً تکان دهنده است.» خوب، بد نیست ما هم تکان بخوریم، چون چنین چیزی وجود دارد. فقط ما نمی‌بینیمش.

گفته می‌شود ــ هر چند این فقط یک حدس مبتنی بر برون‌یابی حاصل از سرعت پیدایش گودال‌های ایجاد شده بر اثر اصابت شهاب‌ها در سطح کرهٔ ماه است ــ روی‌هم‌رفته نزدیک به دو هزار سیارک با بزرگی کافی برای به خطر انداختن زندگی انسان متمدن، مرتباً از مدار کرهٔ زمین عبور می‌کنند. اما حتی یک سیارک کوچک ــ مثلاً به ابعاد یک خانهٔ معمولی ــ در برخورد به زمین می‌تواند یک شهر کوچک را نابود کند. تعداد این کوچولوهای نسبی در مدارهای عبوری از کرهٔ زمین، بدون تردید به حدود صد هزار و احتمالاً به میلیون‌ها می‌رسد و ردیابی مسیرشان تقریباً غیر ممکن است.

نخستین سیارک تا سال ۱۹۹۱ ردیابی نشده بود، و آن نیز فقط زمانی انجام شد که سیارک از زمین عبور کرده بود. این سیارک که ۱۹۹۱ BA نام‌گذاری شد، زمانی مشاهده شد که از کرهٔ زمین عبور کرده و به اندازهٔ ۱۰۶,۰۰۰ مایل از آن فاصله گرفته بود ــ که به زبان کیهانی، مانند عبور گلوله از آستین انسان است بی‌آنکه تماسی با بازو پیدا کند. دو سال بعد، یک سیارک دیگر که تا حدودی بزرگتر از سیارک نخست بود، فقط از فاصلهٔ ۹۰,۰۰۰ مایلی زمین گذشت ــ و این نزدیک‌ترین فاصلهٔ عبور سیارک‌ها از زمین بوده است. این سیارک نیز مشاهده نشد تا آنکه از کرهٔ زمین گذشت و بدون هیچ اخطاری وارد آن شد. به گفتهٔ تیموثی فریس، از نویسندگان نشریهٔ نیو یورکر، این‌گونه عبور از نزدیک زمین هر هفته دو یا سه بار اتفاق می‌افتد و کسی متوجه آن نمی‌شود.

چیزی به طول ۱۰۰ یارد را تا زمانی که در فاصلهٔ چند روز از کرهٔ زمین قرار نگرفته باشد نمی‌توان به وسیلهٔ هیچ یک از تلسکوپ‌های مستقر در زمین مشاهده کرد، و در صورتی مشاهده خواهد شد که تلسکوپ به طرف آن چیز نشانه‌گیری شده باشد، که این نیز بسیار بعید است زیرا حتی امروز تعداد کسانی که در جستجوی چنین چیزهایی باشند بسیار اندک است. مقایسهٔ جالبی که همیشه به عمل می‌آید آن است که می‌گویند تعداد افرادی که فعالانه در جستجوی سیارک‌ها هستند از تعداد کارکنان یک رستوران عادی مک‌دونالد کم‌تر است. (البته امروزه اندکی بیشتر شده است. اما نه خیلی زیاد.)

در حالی که یوجین شومیکر می‌کوشید مردم را در برابر خطرهای بالقوهٔ درون منظومهٔ شمسی بیدار کند، تحولی دیگر ــ تماماً بی‌ربط به آن از لحاظ ظاهری ــ به آرامی و در جریان کارهای یک زمین‌شناس جوان از آزمایشگاه لامونت دوهرتی در دانشگاه کلمبیا در حال وقوع بود. در نخستین سال‌های دههٔ ۱۹۷۰، والتر آلوارس دست اندرکار انجام برخی کارهای میدانی در یک درهٔ آرام به نام درهٔ بوتاچونه در نزدیکی شهر کوهستانی گوبیو از ایالت اومبریا بود که وجود نوار نازکی از رس مایل به قرمز در فاصلهٔ بین دو لایهٔ قدیمی سنگ آهک توجهش را به خود جلب کرد ــ یک لایه متعلق به دورهٔ کرتاسه و دیگری متعلق به دوران سوم

زمین‌شناسی. اینجا نقطه‌ای است که در علم زمین‌شناسی با عبارت مرز KT* از آن نام برده می‌شود، و این سرآغاز زمانی است که شصت و پنج میلیون سال پیش از این دایناسورها و تقریباً نیمی از دیگر گونه‌های جانوری کرهٔ زمین ناگهان از بایگانی فسیلی محو شدند. آلوارس از خود پرسید چگونه است که یک لایهٔ نازک رس به ضخامت کم‌تر از یک چهارم اینچ می‌تواند نمایندهٔ یک چنین لحظهٔ حساسی در تاریخ کرهٔ زمین باشد.

در آن زمان دانش مرسوم دربارهٔ انقراض دایناسورها تفاوتی با دانش مرسوم در روزگار چارلز لایل در یک سدهٔ قبل نداشت ـ بدین معنی که گفته می‌شد دایناسورها بیش از چند میلیون سال قبل منقرض شده‌اند. اما نازکی آن لایهٔ رسی، آشکارا نشان داد که در اومبریا، اگر نه در جایی دیگر، حادثه‌ای نسبتاً ناگهانی‌تر رخ داده بوده است. متاسفانه در دههٔ ۱۹۷۰ هیچ آزمایشی برای تعیین طول دورهٔ نهشته شدن یک چنین لایه‌ای وجود نداشت.

در حالت عادی، تقریباً تردیدی نبود که آلوارس مجبور می‌شد مسأله را به همان شکل رها کند، ولی خوشبختانه او ارتباطی سالم و محکم با کسی در خارج از رشتهٔ خود داشت که می‌توانست کمکش کند ـ و او کسی جز پدرش لویس آلوارس نبود. لویس آلوارس یک فیزیک‌دان هسته‌ایِ برجسته بود؛ ده سال پیش از آن برندهٔ جایزهٔ نوبل در رشتهٔ فیزیک شده بود. او همیشه از دلبستگی شدید پسرش به انواع سنگ‌ها به نرمی انتقاد کرده بود، اما این مسأله اخیر، کنجکاوی‌اش را برانگیخت. لویس آلوارس به این نتیجه رسید که پاسخ این مسأله ممکن است در غبار کیهانی باشد.

کرهٔ زمین هر سال چیزی نزدیک به سی هزار تن متریک «کره‌سنگ کیهانی» ـ یا همان غبار کیهانی به زبان ساده‌تر ـ از فضا دریافت می‌کند که اگر قرار باشد همهٔ این مقدار را جارو و در یک نقطه انباشته کنیم، خیلی زیاد می‌شود اما وقتی در سراسر کرهٔ زمین پخش می‌شود بسیار ناچیز است. در سراسر این لایهٔ غبار نازک، عناصر بیگانه‌ای پراکنده است که معمولاً در سطح کرهٔ زمین یافت

---

* *KT* یا *CT* زیرا حرف *C* قبلاً به *Cambrian* تخصیص یافته بود. برحسب اینکه از کدام منبع نقل کنید، *K* از واژهٔ یونانی *Kreta* یا واژهٔ آلمانی *Kreide* گرفته می‌شود. هر دو واژه به معنی «گچ» هستند، که کرتاسه *(Cretaceous)* نیز به همان معنی است.

نمی‌شوند. از جملهٔ این عناصر می‌توان به ایریدیوم اشاره کرد که مقدار آن در فضا در مقایسه با پوستهٔ زمین، هزار بار بیشتر است (چون، گفته می‌شود بخش عمدهٔ این عنصر در روزگار جوانی کرهٔ زمین به اعماق هستهٔ آن فرو رفته است).

آلوارس می‌دانست که یکی از دوستانش به نام فرانک آسارو در آزمایشگاه لارنس برکلی کالیفرنیا روشی برای اندازه‌گیری بسیار دقیق ترکیب شیمیایی رس‌ها با استفاده از فرآیندی به نام فرآیند تجزیهٔ نوترون با اکتیواسیون (فعال سازی) ابداع کرده است. این فرآیند مستلزم بمباران نمونه‌ها به کمک نوترون در یک رآکتور کوچک هسته‌ای و شمارش دقیق اشعهٔ گامای ساطع شده بود؛ این یک کار بی‌نهایت پر زحمت بود. آسارو، پیش از این، روش مذکور را برای تجزیهٔ تکه‌های سفال به کار برده بود، اما آلوارس استدلال می‌کرد که اگر مقدار یکی از عناصر بیگانهٔ موجود در نمونه‌های خاک متعلق به پسرش را اندازه‌گیری و آن را با مقدار رسوب‌گذاری سالانه مقایسه کنند، به زمان طی شده برای شکل‌گیری نمونه‌ها پی خواهند برد. در یک بعدازظهر از ماه اکتبر ۱۹۷۷، لویس و والتر آلوارس بدون اطلاع قبلی به محل کار آسارو رفتند و از او تقاضا کردند که آزمایش‌های لازم را برای‌شان انجام دهد.

این یک درخواست حقیقتاً گستاخانه بود. آن‌ها از آسارو می‌خواستند که چندین ماه از وقتش را صرف انجام دشوارترین اندازه‌گیری‌ها در این نمونه‌های زمین شناختی کند، آن هم صرفاً برای تأیید چیزی که از آغاز بدیهی به نظر می‌رسد ــ بدین معنی که این لایهٔ نازک همچنان که از نازکی‌اش استنباط می‌شود خیلی سریع تشکیل شده است. بدون تردید، کسی انتظار هیچ‌گونه دستاورد برجسته و استثنایی از این تحقیق نداشت.

آسارو در ضمن مصاحبه‌ای در سال ۲۰۰۲ گفت: «این نمونه‌ها بسیار زیبا و بسیار متقاعدکننده بودند. به نظر می‌رسید با چالشی جالب روبه رو شده بودم، به همین علت با انجام آن موافقت کردم. متأسفانه خیلی کارهای دیگر داشتم که می‌بایست انجام می‌دادم به همین علت هشت ماه گذشت تا توانستم آن کار را شروع کنم.» به یادداشت‌هایی که از آن روزها برداشته بود نگاه کرد.» روز ۲۱ ژوئن ۱۹۷۸، ساعت ۱۳:۴۵ بعدازظهر، یکی از نمونه‌ها را داخل آشکارگر گذاشتیم. آزمایش به مدت ۲۲۴ دقیقه ادامه یافت و ما دیدیم که اندک‌اندک به

نتایج جالب توجهی می‌رسیم، به همین دلیل کار را متوقف ساختیم و نگاهی به درون دستگاه انداختیم.»

نتایج آزمایش، عملاً به قدری فراتر از انتظار بود که آن سه دانشمند نخست گمان کردند مرتکب اشتباه شده‌اند. مقدار ایریدیوم موجود در نمونهٔ آلوارس از سیصد برابر سطوح عادی بیشتر بود ــ بمراتب بیش از هر مقدار قابل پیش‌بینی. در طی ماه‌های بعد، آسارو و همکارش هلن مایکل، تا سی ساعت یکسره (آسارو در توضیح می‌گوید «به محض آنکه دست به کار می‌شویم دیگر نمی‌توانیم دست از کار بکشیم») به آزمایش نمونه‌ها ادامه می‌دادند، و همواره به یک نتیجه می‌رسیدند. آزمایش‌های انجام شده بر نمونه‌های دیگر ــ از دانمارک، اسپانیا، فرانسه، زلند جدید، جنوبگان ــ نشان داد که رسوب ایریدیوم در سراسر جهان وجود دارد و همه جا بیشتر می‌شود و گاهی به پانصد برابر سطوح عادی می‌رسد. تردیدی نبود که تحولی بزرگ و ناگهانی و احتمالاً فاجعه‌آمیز باعث تولید این زایدهٔ جالب شده بود.

دو آلوارس پس از تفکری طولانی به این نتیجه رسیدند که ملموس‌ترین توضیح ــ ملموس برای خودشان ــ این است که بگویند یک سیارک یا ستارهٔ دنباله‌دار به کرهٔ زمین اصابت کرده است.

این اندیشه که کرهٔ زمین ممکن است گاهگاهی در معرض ضربات ویرانگر قرار گیرد، آنچنان که گاهی این روزها نشان داده می‌شود، تازگی نداشت. در سال ۱۹۴۲ یک اختر فیزیک‌دان از دانشگاه نورث وسترن به نام رالف ب. بالدوین، چنین امکانی را در ضمن مقاله‌ای که در مجلهٔ نجوم به زبان ساده به چاپ می‌رساند مطرح ساخته بود. (او مقاله‌اش را به این علت در آن نشریه منتشر کرد که هیچ یک از ناشران دانشگاهی حاضر نشدند چاپش کنند.) و دست کم دو دانشمند معروف، یکی ارنست اوپیک اخترشناس و دیگری هرلد اوری شیمی‌دان و برندهٔ جایزهٔ نوبل، نیز در زمان‌های مختلف از این نظریه حمایت کرده بودند. این نظریه، حتی در میان دیرین‌شناسان، ناشناخته نبود. در سال ۱۹۵۶ یکی از استادان دانشگاه ایالتی اورگون به نام م. و. دو لوبنفلز ضمن مقاله‌ای در مجلهٔ دیرین‌شناسی با اشاره به این نکته که دایناسورها احتمالاً بر اثر اصابت یک سنگ آسمانی ضربه‌ای مرگ‌بار دریافت کرده‌اند عملاً نظریهٔ آلوارس را پیش‌گویی کرده

بود، و در سال ۱۹۷۰ دیویی ج. مک‌لارن رییس انجمن دیرین‌شناسی آمریکا در کنفرانس سالانهٔ انجمن مذکور این احتمال را مطرح ساخت که وارد آمدن ضربه‌ای از فضای خارج می‌توانسته است علت واقعه‌ای بوده باشد که رخ داده و انقراض فراسنین (Frasnian extinction) نام گرفته بود.

در سال ۱۹۷۹ یکی از استودیوهای هالیوود برای آنکه نشان دهد اندیشهٔ مذکور تا چه اندازه تازگی خود را از دست داده است عملاً یک فیلم سینمایی به نام شهاب (Meteor) تهیه کرد («پنج مایل پهنای آن است.... با سرعت ۳۰,۰۰۰ مایل در ساعت به زمین نزدیک می‌شود ـ و هیچ راهی برای پنهان کردنش نیست!») که بازیگرانی چون هنری فوندا، ناتالی وود، کارل مالدن، و یک تکه سنگ خیلی بزرگ در آن نقش آفرین بودند.

بدین ترتیب، وقتی آلوارس‌ها در نخستین هفتهٔ سال ۱۹۸۰ ضمن حضور در جلسهٔ انجمن آمریکایی پیشبرد علوم اعلام داشتند که انقراض دایناسورها نه در طی چندین میلیون سال و به صورت جزیی از یک فرآیند محتوم بلکه به صورت ناگهانی و در جریان یک واقعهٔ انفجار واحد رخ داده است، نمی‌بایست همچون ضربه‌ای تلقی می‌شد که ناگهان وارد آمده است.

ولی چنین شد. این نظریه در همه جا، بویژه در جمع دیرین‌شناسان به عنوان یک بدعت تکان‌دهنده و غیرعادی تلقی شد.

آسارو ضمن به یاد آوردن خاطراتش می‌گوید: «خوب، چاره‌ای جز یادآور شدن این نکته نیست که آن روزها ما تخصصی در این رشته نداشتیم. والتر، زمین‌شناسی بود که در پالئومغناطیس تخصص داشت، لویس فیزیک‌دان بود و من نیز یک شیمی‌دان هسته‌ای بودم. و این بار، ما به دیرین شناس می‌گفتیم مسأله‌ای را حل کرده‌ایم که بیش از یک سده از خاطر دیرین شناسان رفته بوده است. جای هیچ شگفتی نیست اگر می‌بینیم دیرین شناسان نیز بلافاصله آن را درک نکردند.» همچنان که لویس آلوارس شوخی‌کنان می‌گفت: «ما در حالی دستگیر شدیم که بدون هیچ مجوزی به کار زمین‌شناسی پرداخته بودیم.»

اما در نظریهٔ اصابت شهاب‌ها نیز نکته‌ای بمراتب ژرف‌تر و اساساً نفرت انگیزتر وجود داشت. این عقیده که فرآیندهای زمینی به شکل تدریجی ادامه دارند، از روزگار چارلز لایل به بعد جزو عناصر تشکیل دهندهٔ تاریخ طبیعی به

شمار می‌رفت. تا دهۀ ۱۹۸۰ نظریۀ کاتاستروفیسم چنان کهنه شده و از رواج افتاده بود که عملاً کسی درباره‌اش نمی‌اندیشید. همچنان که یوجین شومیکر متذکر شده است نظریۀ ضربۀ ویرانگر از دیدگاه بیشتر زمین‌شناسان، «برخلاف دین علمی‌شان» به شمار می‌رفت.

رفتار آشکارا تحقیرآمیز لویس آلوارس، در دیرین شناسان و نقش ایشان در پیشرفت شناخت علمی نیز مفید واقع نشد. او ضمن انتشار مقاله‌ای در نشریۀ نیویورک تایمز که هنوز هم دیرین‌شناسان را به هیجان می آورد نوشت: «اینان، واقعاً دانشمندان خوبی نیستند. بیشتر به گردآوری کنندگان تمبر شباهت دارند.»

مخالفان نظریۀ آلوارس، توضیحات بی‌شماری برای نهشت‌های ایریدیوم مطرح ساختند ــ مثلاً گفتند این نهشت‌ها بر اثر فوران‌های درازمدت آتشفشانی موسوم به تراپ‌های دکن در هند تولید شده‌اند ــ و مخصوصاً اصرار می‌ورزیدند که هیچ مدرکی وجود ندارد که نشان دهد دایناسورها ناگهان از بایگانی فسیلی منطبق بر مرز ایریدیوم ناپدید شده‌اند. یکی از قوی‌ترین مخالفان، چارلز آفیسر از کالج دارتمند بود. او حتی در حالی که ضمن مصاحبه با یک روزنامه پذیرفت که هیچ مدرک محکمی در این مورد در اختیار ندارد، مصرانه می‌گفت نهشت ایریدیوم حاصل فعالیت آتشفشانی است. در اواخر سال ۱۹۸۸ در ادامۀ تحقیقی که هدف از آن اثبات عدم وجود هرگونه ارتباط بین انقراض دایناسورها و اصابت یک سیارک یا ستارۀ دنباله‌دار با کرۀ زمین صورت می‌گرفت، با بیش از نیمی از دیرین شناسان آمریکا تماس برقرار شد.

تنها چیزی که به احتمال قوی می‌توانست از نظریۀ آلوارس‌ها پشتیبانی و آن را تأیید کند همان چیزی بود که آن‌ها در اختیار نداشتند ــ محل اصابت سیارک یا ستارۀ دنباله‌دار با کرۀ زمین. حال برویم سراغ شومیکر. شومیکر یک رابط در آیووا داشت ــ و آن عروس او بود که در دانشگاه آیووا تدریس می‌کرد ــ و از سال‌ها قبل در جریان مطالعات خودش با گودال محل اصابت شهاب در مانسن آشنا بود. در پرتو تلاش‌های او، این بار همۀ نگاه‌ها به سوی آیووا جلب شد.

زمین‌شناسی، حرفه‌ای است که از محلی به محلی دیگر فرق می‌کند. در آیووا،

ایالتی که همواره و از لحاظ چینه‌شناختی بدون رویداد خاص است، این حرفه عموماً و در مقایسه با جاهای دیگر تا حدودی بی سروصدا است. در آنجا اثری از قله‌های مرتفع یا یخچال‌های در حال سایش، ذخایر عظیم نفت یا فلزات قیمتی یا حتی کوچکترین نشانی از جریان آذرآواری به چشم نمی‌خورد. اگر از زمین شناسان استخدام شده توسط ایالت آیووا باشید، بخش بزرگی از کاری که انجام می‌دهید عبارت است از ارزیابی برنامه‌های مدیریت کود حیوانی، که از تمام «متصدیان محصور سازی حیوانات» در آن ایالت ــ پرورش دهندگان خوک در نظر دیگران ــ خواسته می‌شود به شکل ادواری گزارش دهند. در ایالت آیووا نزدیک به پانزده میلیون خوک پرواری وجود دارد، و به همین دلیل مقدار کود حیوانی نیازمند مدیریت نیز خیلی زیاد است. این سخن را از روی شوخی نمی‌گوییم ــ چون کاری حیاتی و مدبرانه است؛ آب‌های ایالت آیووا را تمیز نگه می‌دارد ــ اما با در اختیار داشتن بهترین اراده در جهان، دقیقاً به معنی گریختن و شانه خالی کردن از بمب‌های گدازه‌ای واقع بر کوه پیناتوبو (Pinatubo) یا چنگ انداختن بر شکاف‌های یخی لایه‌های یخ گرینلند در جستجوی کوارتزهای باستانی حاوی نشانه‌های حیات نیست. بنابراین، تب و تاب‌های ناشی از هیجانی را که در اواسط دههٔ ۱۹۸۰ همزمان با متمرکز شدن توجه جغرافیادانان جهان بر شهر مانسن و گودال بزرگ آن در وزارت منابع طبیعی ایالت آیووا به راه افتاد می‌توان قابل تصور دانست.

تالار تروبربج در آیووا سیتی، کوهی از آجرهای قرمز رنگ متعلق به اواخر سدهٔ گذشته است که دپارتمان زمین‌شناسی دانشگاه آیووا و ــ بالاتر از آن در یک اتاق زیر شیروانی ــ زمین شناسان وزارت منابع طبیعی ایالت آیووا را در خود جای داده است. امروزه هیچ کسی نمی‌تواند دقیقاً به یادآورد که زمین شناسان این ایالت از چه تاریخی و یا حتی چرا در یک مرکز دانشگاهی مستقر شدند، ولی از مشاهدهٔ اوضاع کنونی چنین استنباط می‌شود که این فضا از روی ناچاری و اکراه در اختیار آن‌ها قرار گرفته است، چون دفترها و اتاق‌ها بسیار کوچک‌اند، سقف‌شان کوتاه است و دسترسی به آن‌ها آسان نیست. وقتی راه را به شما نشان می‌دهند، گمان می‌کنید که به سمت برآمدگی پشت بام می‌روید و از داخل پنجره خواهید گذشت.

ری اندرسن و برایان ویتسکه عمر فعال خویش را در اینجا و در میان کپه‌های

درهم ریختهٔ کاغذها، مجله‌ها، نمودارهای تا شده و نمونه سنگ‌های فراوان و سنگین سپری کردند. (زمین شناسان، هیچ‌گاه از لحاظ تکه سنگ‌هایی که برای گذاشتن رو مدارک کاغذی لازم دارند در مضیقه نیستند.) این از نوع همان فضاها یا جاهایی است که اگر بخواهید چیزی را پیدا کنید ــ یک صندلی اضافی، فنجان قهوه، تلفنی که زنگ می‌زند ــ مجبورید کپه‌های اسناد و مدارک را جابه‌جا کنید.

اندرسن، در حالی که چشمانش از به یاد آوردن چنان وضعی برق می‌زد، وقتی او را در یک صبح غم‌انگیز از ماه ژوئن در دفتر کارشان همراه ویتسکه ملاقات کردم، به من گفت: «ما ناگهان به مرکز چیزها رسیدیم. روزگاری شگفت‌انگیز بود.»

دربارهٔ شومیکر، یا مردی که به نظر می‌رسد همهٔ جهانیان برایش احترام قایلند، سؤال کردم. ویتسکه بی‌درنگ پاسخ داد: «او هر چه بود انسانی بزرگ بود. اگر کارهای او نبود، کل این مسأله هیچ‌گاه از جا تکان نمی‌خورد. حتی با پشتیبانی او، جمع و جور کردن و راه انداختن کارها دو سال و شش ماه به درازا کشید. حفاری، یک کار پر هزینه است ــ به قیمت‌های آن روز، هر فوت سی و پنج دلار، امروزه بیشتر، ما هم باید تا سه هزار فوت به حفاری ادامه دهیم.»

اندرسن افزود: «گاهی از این هم بیشتر.»

ویتسکه هم تأیید کرد: «گاهی از این هم بیشتر. و در چندین نقطه. پس منظورتان پول خیلی زیاد است. بدون تردید بیش از آنچه بودجهٔ ما اجازه می‌دهد.»

بدین ترتیب یک همکاری بین سازمان زمین‌شناسی آیووا و سازمان زمین‌شناسی آمریکا برقرار شد.

اندرسن خنده‌ای دردناک بر لب آورد و گفت: «دست کم، ما خیال کردیم این یک همکاری است.»

ویتسکه ادامه داد: «این برای ما حکم یک منحنی یادگیری واقعی را داشت. در سراسر این دوره، تا دلتان بخواهد علم به معنی بد این اصطلاح به کار گرفته می‌شد ــ هر کسی شتابان و با در اختیار داشتن نتایجی که همیشه هم با دقت عمل همراه نبود به سراغ ما می‌آمد.» یکی از این لحظه‌ها زمانی بود که در سال ۱۹۸۵ و در جریان جلسهٔ سالانهٔ اتحادیهٔ ژئوفیزیک آمریکا، گلن ایتست و چ. ل. پیلمور از سازمان زمین‌شناسی آمریکا اعلام کردند که گودال بزرگ مانسن

به همان عصری تعلق دارد که در انقراض دایناسورها نقش داشته است. این اطلاعیه، توجه اغلب مطبوعات را به خود جلب کرد ولی متأسفانه قدری از زمانهٔ خود جلوتر بود. بررسی دقیق‌تر اطلاعات به دست آمده نشان داد که مانسن نه فقط خیلی کوچک بود بلکه نُه (۹) میلیون سال نیز خیلی زود بود.

نخستین باری که اندرس یا ویتسکه متوجه این شکست یا بدبیاری در مسیر زندگی و تحقیقات خود شدند زمانی بود که وارد جلسهٔ کنفرانسی در داکوتای جنوبی شدند و افرادی را دیدند که با نگاه‌های حاکی از همدردی و دلسوزی ایشان می‌آیند و می‌گویند: «شنیدیم شغل‌تان را از دست دادید.» نخستین باری بود که اینان متوجه شدند که ایتست و دیگر زمین شناسان وابسته به سازمان زمین‌شناسی آمریکا اخیراً اعداد دقیق‌تری را اعلام کرده‌اند که اصولاً مانسن نمی‌توانسته است محل گودال منتهی به انقراض بوده باشد.

اندرسن به یاد می‌آورد: «خیلی دور از انتظار بود. منظورم آن است که ما چیزی را در اختیار داشتیم که واقعاً مهم بود و ناگهان دیگر صاحبش نبودیم. اما بدتر از آن این بود که افرادی که ما گمان می‌کردیم با ایشان همکاری می‌کنیم، به خودشان زحمت ندادند که حتی یافته‌های جدیدشان را به ما اطلاع دهند.»

«چرا چنین نکردند؟»

اندرسن شانه‌اش را بالا انداخت و گفت: «کسی چه می‌داند؟ بگذریم، این یک درس آموزنده برای ما بود و نشان داد که وقتی انسان در یک سطح خاص فعالیت دارد، علم می‌تواند بسیار غیر جذاب باشد.»

جستجو در جایی دیگر دنبال شد. در سال ۱۹۹۰ یکی از جستجوگران به نام آلن هیلدبراند از دانشگاه آریزونا با خبرنگاری از نشریهٔ هیوستن کرونیکل دیدار کرد که از قضا اطلاعات بسیاری دربارهٔ یک سازند حلقوی بزرگ و تبیین نشده به پهنای ۱۲۰ مایل و عمق ۳۰ مایل در زیر شبه جزیرهٔ یوکاتان مکزیک در محل چیکسولوب از حوالی شهر پروگرسو، در حدود ۶۰۰ مایلی جنوب نیو اورلئانز داشت. این سازند توسط شرکت پمکس (شرکت نفت مکزیک) در سال ۱۹۵۲ ــ از قضا در همان سالی که شومیکر نخستین‌بار از متئور کریتر در آریزونا بازدید کرد ــ کشف شده بود اما زمین شناسان شرکت به این نتیجه رسیده بودند که این یک سازند آتشفشانی است، که این نیز با شیوهٔ تفکر رایج مطابقت داشت.

هیلدبراند به محل سازند سفر کرد و خیلی زود متوجه شد که با یک گودال عظیم مواجه است. تا سال ۱۹۹۱ تقریباً هر زمین‌شناسی به راحتی می‌پذیرفت که چیکسولوب محل اصابت یک سنگ آسمانی است.

با این حال، هنوز هم بسیاری از افراد به درستی سر در نمی‌آورند که ضربهٔ حاصل از یک سنگ آتشفشانی چه کاری می‌تواند انجام دهد. استیفن جی گولد در یکی از مقالاتش می‌گوید: «به یاد می‌آورم که نخست تردیدهای بسیاری دربارهٔ اثر بخشی چنین رویدادی داشتم... چرا جسمی به پهنای شش مایل می‌تواند در سطح سیاره‌ای به قطر هشت هزار مایل این چنین موجب ویرانی شود؟»

آزمایش طبیعی این نظریه، خیلی راحت در زمانی مطرح شد که شومیکر و لِوی ستارهٔ دنباله‌دار شومیکر-لوی ۹ را کشف کردند، و خیلی زود هم متوجه شدند که ستارهٔ مذکور در جهت مشتری حرکت می‌کند. نخستین‌بار است که انسان‌ها قادرند یک برخورد کیهانی را مشاهده کنند ـ آنهم خیلی خوب در پرتو وجود تلسکوپ فضایی جدید هابل. به گفتهٔ کورتیس پیبلز، اغلب اخترشناسان انتظار چندانی نداشتند، مخصوصاً به این دلیل که ستارهٔ دنباله‌دار مذکور نه یک گوی همدوس بلکه رشته‌ای متشکل از بیست و یک تکه بود. یکی از آن دو می‌نویسد: «احساس من آن است که مشتری، این ستارگان دنباله‌دار را بدون هیچ دردسری مشابه آروغ زدن خواهد بلعید.» یک هفته پیش از اصابت ستارهٔ دنباله‌دار به مشتری، مقاله‌ای با عنوان «فش فش بزرگ نزدیک می‌شود» در نشریهٔ نیچر انتشار داد و در آن پیش‌بینی کرد که نتیجهٔ اصابت مذکور چیزی بیش از رگبارهای شهابی نخواهد بود.

اصابت در روز ۱۶ ژوییهٔ ۱۹۹۴ آغاز شد، تا یک هفته ادامه پیدا کرد، و از هر اصابتی که هر کسی ـ به استثنای شومیکر ـ ممکن بود تصور کند بزرگتر بود. تکه‌ای از این رگبار شهابی، که نوکلئوس G نامیده می‌شود، با نیرویی در حدود شش میلیون مگاتن ـ هفتاد و پنج بار بیش از قدرت تمام سلاح‌های هسته‌ای موجود ـ اصابت کرد. ابعاد نوکلئوس G از ابعاد یک کوه کوچک بزرگ‌تر نبود اما زخم‌هایی به اندازهٔ کرهٔ زمین در سطح مشتری ایجاد کرد. این ضربهٔ نهایی برای منتقدان نظریهٔ آلوارس بود.

لویس آلوارس هیچ‌گاه از کشف گودال چیکسکولوب یا ستارهٔ دنباله‌دار

شومیکر-لِوی با خبر نشد، چون در سال ۱۹۸۸ چشم از جهان فروبست. شومیکر هم زود درگذشت در سومین سالگرد اصابت ستارهٔ دنباله‌دار شومیکر-لوی، او به همراه همسرش در یکی از نقاط دور افتادهٔ استرالیا به سر می‌بردند، و اینجا جایی بود که آن دو برای جستجوی محل‌های اصابت ستارگان دنباله‌دار انتخاب کرده بودند و هر سال به آنجا می‌رفتند. در امتداد جاده‌ای خاکی در صحرای تانامی ـ که در حالت عادی یکی از بی سکنه‌ترین صحراهای جهان است ـ درست در نقطه‌ای که وسیلهٔ نقلیهٔ دیگری به آن‌ها نزدیک می‌شد در یک دست‌انداز کوچک افتادند. شومیکر درجا کشته شد و همسرش زخمی. بخشی از خاکستر جسد او به همراه کاوشگر ماه به کرهٔ ماه فرستاده شد. بقیه را نیز در اطراف متئور کریتر روی زمین پاشیدند.

اندرسن و ویتسکه دیگر آن گودالی را که باعث مرگ و انقراض دایناسورها شده بود در اختیار نداشتند. اندرسن می‌گفت: «ولی ما همچنان بزرگترین و سالم‌ترین گودال حاصل از اصابت را در خاک ایالات متحد آمریکا در اختیار داشتیم که خوب نگهداری شده بود. (برای حفظ جایگاه ممتاز مانسن، به مهارت لفظی اندکی نیاز بود. گودال‌های دیگر ـ بویژه گودال چساپیک بی، که در سال ۱۹۹۴ رسماً به عنوان یک محل اصابت مورد تایید قرار گرفت ـ بزرگ‌ترند، اما یا دور از ساحل واقع شده‌اند یا تغییر شکل پیدا کرده‌اند.) اندرسن می‌افزاید: «چیکسکولوب در زیر یک لایه سنگ آهک به ضخامت دو یا سه کیلومتر، آن هم عمدتاً دور از ساحل مدفون شده است، که مطالعهٔ آن را دشوار می‌سازد. در حالی که محل اصابت مانسن، عملاً در دسترس قرار دارد. نسبتاً دست نخورده ماندن محل مزبور نیز فقط به علت مدفون بودن آن است.»

از آن دو پرسیدم اگر همین امروز تکه سنگ مشابهی به سوی زمین در حال حرکت باشد، چه مقدار اخطار دریافت می‌کنیم؟

اندرسن با شادمانی گفت: «اوه، احتمالاً هیچ. چنین تکه سنگی با چشم عادی قابل رؤیت نیست، تا آنکه داغ شود و چنین چیزی رخ نخواهد داد تا آنکه سنگ وارد جوّ زمین شود، که فاصله‌اش تا اصابت به سطح زمین یک ثانیه خواهد

بود. شما از چیزی حرف می‌زنید که با سرعتی چند ده برابر سریع‌تر از سریع‌ترین گلوله حرکت می‌کند. این چیز تا زمانی که توسط یک انسان به وسیلهٔ تلسکوپ مشاهده نشده است، که قطعاً بعید به نظر می‌رسد که چنین شود، ما را یکسره غافلگیر خواهد ساخت.»

اینکه هر تکه سنگی با چه شدتی به سطح زمین اصابت خواهد کرد به متغیرهای بسیاری بستگی دارد ــ که از آن جمله می‌توان به زاویهٔ ورود، سرعت و مسیر حرکت، عمودی یا اریب بودن اصابت، جرم و چگالی جسم اصابت کننده اشاره کرد ــ که ما پس از گذشت میلیون‌ها سال نیز نمی‌توانیم هیچ یک از آن‌ها را بشناسیم. اما کاری که دانشمندان می‌توانند انجام دهند ــ و اندرسن و ویتسکه نیز همان را انجام داده‌اند ــ عبارت است از اندازه‌گیری محل اصابت و محاسبهٔ مقدار انرژی رها شده. براین اساس، می‌توانند سناریوهایی دربارهٔ اینکه اصابت مذکور چگونه انجام شده است ــ یا خوفناک‌تر از آن اینکه اگر در همین لحظه رخ دهد چگونه انجام می‌شود ــ تهیه کنند.

سیارک یا ستارهٔ دنباله‌داری که با سرعت‌های کیهانی حرکت می‌کند با چنان شتابی وارد جوّ زمین می‌شود که هوای واقع در زیر آن مجال کنار رفتن از سر راه آن را پیدا نمی‌کند و فشرده می‌شود، مانند آنچه در پرش با دوچرخه رخ می‌دهد. همچنان که هر دوچرخه سوار پرش کار می‌داند، دمای زیر دوچرخه تا حدود ۶۰,۰۰۰ کلوین یا ده برابر دمای سطح خورشید بالا می‌رود. در لحظهٔ ورود سیارک یا ستارهٔ دنباله‌دار به درون جوّ زمین، هر چیزی که در مسیر آن باشد ــ مردم، خانه‌ها، کارخانه‌ها، اتومبیل‌ها ــ مانند سلوفون در شعله مچاله و ناپدید می‌شود.

شهاب سنگ، یک ثانیه پس از داخل شدن در جوّ زمین، محکم به سطح زمین کوبیده می‌شود، درست مثل زمانی که یک ثانیه پیش از آن مردم مانسن سرگرم کار و زندگی و رفت و آمد عادی خود بودند. خود شهاب سنگ در یک آن بخار می‌شود اما انفجار حاصل از آن باعث پراکنده شدن هزار کیلومتر مکعب خرده‌های سنگ، خاک، و گازهای فوق گرم به اطراف می‌شود. هر موجود زندهٔ واقع در فاصلهٔ ۱۵۰ مایلی این واقعه که بر اثر گرمای ورودی شهاب سنگ به جوّ زمین کشته نشده باشد این بار به وسیلهٔ خود انفجار کشته می‌شود. موج ضربهٔ حاصل از این انفجار، تقریباً با سرعت نور در جهت بیرونی به چرخش در می‌آید

و هر آنچه را که بر سر راهش قرار داشته باشد از میان بر می‌دارد.

برای موجوداتی که در خارج از منطقهٔ ویرانی مستقیم قرار دارند، نخستین اشارهٔ مبهم این فاجعه عبارت خواهد بود از یک نور خیره کننده ـ درخشان‌ترین نور قابل رؤیت برای چشم انسان ـ و یک منظرهٔ فاجعه‌آمیز با عظمتی غیر قابل تصور به فاصلهٔ یک یا دو دقیقه پس از آن: دیواری از سیاهی و تاریکی در حال اوج‌گیری به سوی آسمان که تمام میدان دید انسان‌ها را پر می‌کند و با سرعت چند هزار مایل در ساعت حرکت می‌کند. این دیوار سیاه در سکوت نزدیک می‌شود زیرا سرعت حرکتش بمراتب از سرعت حرکت صوت بیشتر است. هر کسی که در یکی از ساختمان‌های بلند مرتبهٔ اوماها یا دی موین باشد و تصادفاً روبه همان جهت ایستاده باشد، پردهٔ گیج کننده‌ای از آشفتگی و فراموشی آنی به دنبال آن پیش روی خود خواهد دید.

به فاصلهٔ چند دقیقه، در منطقه‌ای که از دِنور تا دترویت گسترده است و شامل بخش‌هایی می‌شود که قبلاً شیکاگو، سنت لویس، کانساس سیتی، شهرهای دوقلو ـ در یک کلام، سراسر غرب میانهٔ آمریکا ـ در آن بوده‌اند، تقریباً هر آنچه در روی زمین است یا با زمین تخت خواهد شد یا آتش خواهد گرفت، و تقریباً تمام موجودات زنده درکام مرگ خواهند رفت. انسان‌هایی که در فاصلهٔ حداکثر هزار مایلی آنجا زندگی می‌کنند درجا کشته خواهند شد و بر اثر اصابت کولاکی از قطعات و اشیای در حال پرواز تکه تکه یا آش و لاش خواهند شد. در فواصل بیشتر از هزار مایل، تدریجاً از دامنهٔ ویرانی‌های ناشی از انفجار کاسته می‌شود.

اما آنچه گفته شد موج ضربهٔ اولیه است. هیچ کسی نمی‌تواند کاری فراتر از حدس زدن نوع و دامنهٔ آسیب‌های مرتبط با این ویرانی، غیر از ناگهانی و جهانی بودن آن انجام دهد. ضربهٔ این اصابت، تقریباً بدون هیچ تردیدی با زنجیره‌ای از زمین لرزه‌های ویرانگر دنبال خواهد شد. کوه‌های آتشفشانی در سراسر کرهٔ خاکی، به غرش و فوران در خواهند آمد. امواج سهمگین سونامی به دنبال زمین لرزه‌های دریایی اوج خواهند گرفت و ویرانگرانه به سوی مناطق دور افتادهٔ ساحلی پیش خواهند رفت. به فاصلهٔ یک ساعت، ابری سیاه سراسر جهان را خواهد پوشانید و توده‌های سنگ و دیگر زباله‌های شعله‌ور از هر طرف سیل‌آسا به راه خواهند افتاد و بخش بزرگی از سیارهٔ ما را درکام آتش فرو خواهند برد.

برآورد کرده‌اند که در پایان نخستین روز این واقعه، یک میلیارد و پانصد میلیون نفر جان خود را از دست خواهند داد. آشفتگی‌ها و به هم ریختگی‌های گسترده در یونسفر (یون‌سپر) باعث قطع سیستم‌های ارتباطات در همه جای جهان خواهد شد و به همین علت، آنانی که جان سالم به در برده‌اند از آنچه در جاهای دیگر رخ داده است یا اینکه به کدام سو باید بروند بی خبر خواهند ماند. این، البته اهمیت چندانی ندارد. به گفتهٔ یکی از مفسران، گریختن در این حالت به معنی «انتخاب مرگ آرام به جای مرگ سریع است. هرگونه تلاش ملموس برای جابه‌جایی، تغییر چندانی در تعداد کشته شدگان نخواهد داد زیرا از توانایی‌های کرهٔ زمین برای پشتیبانی از حیات و زندگان در همه جا کاسته می‌شود.»

مقدار دوده و خاکستر شناور حاصل از این ضربه و آتش سوزی‌های بعدی، بدون هیچ تردید خورشید را تا چند ماه در پس خود پنهان می‌سازد و احتمالاً رشتهٔ چرخه‌های رشد را از هم می‌گسلد. در سال ۲۰۰۱ پژوهشگران انستیتوی فناوری کالیفرنیا ایزوتوپ‌های هلیوم به دست آمده از رسوبات برجا مانده از آخرین اصابت KT را آزمایش کردند و به این نتیجه رسیدند که این ایزوتوپ‌ها تا حدود ده هزار سال پس از واقعهٔ مذکور در آب و هوای کرهٔ زمین تأثیر می‌گذاشته‌اند. از این آزمایش، عملاً به عنوان مدرکی برای تأیید این نظریه استفاده شد که می‌گوید انقراض دایناسورها سریع و قطعی بوده است ـ و به همین دلیل در قالب تحولات زمین‌شناسی صورت گرفته بوده است. اینکه بشریت چگونه و با چه موفقیتی یک چنین واقعه‌ای را پشت سر می‌گذارد یا اصولاً پشت سر خواهد گذاشت، فقط کار حدس و گمان است.

و به یاد داشته باشید که این واقعه به احتمال خیلی زیاد بدون هیچگونه اخطار قبلی، در روز روشن و ناگهانی رخ می‌دهد.

اما حالا بیایید فرض کنیم که نزدیک شدن شهاب را می‌بینیم. چه کار خواهیم کرد؟ همه چنین فرض می‌کنند که ما یک کلاهک هسته‌ای به سوی آن شلیک و چنان منفجرش می‌کنیم که خرد خاکشیر شود. اما عملی کردن این اندیشه با مختصر مشکلاتی همراه است. نخست آنکه به گفتهٔ جان س. لویس، موشک‌های ما برای عملیات فضایی ساخته نشده‌اند. توان لازم برای خارج شدن از میدان گرانش کرهٔ زمین را ندارند و حتی اگر داشته باشند هیچ مکانیسمی برای

هدایت آن‌ها در یک مسیر ده‌ها هزار مایلی در فضا وجود ندارد. برخلاف آنچه در فیلم آرماگدون (نبرد سرنوشت‌ساز) نشان داده شده است، نمی‌توانیم یک سفینهٔ پر ازکاوبوی‌های فضایی را به آنجا بفرستیم تا این کار را در همان جا عملی کنند؛ ما دیگر موشکی به قدر کافی قوی برای فرستادن انسان‌ها تا کرهٔ ماه را نیز در اختیار نداریم. آخرین موشکی که می‌توانست از عهدهٔ این کار برآید ساتورن ۵ نام داشت که سال‌ها پیش بازنشسته شد و تاکنون هیچ موشک دیگری جایش را نگرفته است. امکان ساخت سریع یک موشک جدید نیز وجود ندارد، زیرا با کمال تعجب، برنامه‌های مربوط به موشک‌های ساتورن در جریان تمرین خانه تکانی در سازمان ناسا نابود شدند.

ما حتی اگر به شکلی بتوانیم یک کلاهک هسته‌ای را به سیارک مزبور برسانیم و آن را منفجر و تکه تکه کنیم این احتمال وجود دارد که در این حالت، آن را به زنجیره‌ای از سنگ‌های فراوانی تبدیل کنیم که یکی پس از دیگری به کرهٔ زمین اصابت خواهند کرد، درست همانند اصابت ستارهٔ دنباله‌دار شومیکر-لوی به سطح مشتری ـ اما با این تفاوت که این بار، سنگ‌ها شدیداً رادیواکتیو می‌شوند. تام گرلز، از شکارگران سیارک‌ها در دانشگاه آریزونا، معتقد است که حتی اخطاری با مهلت یک ساله نیز برای تدارک اقدامات ضروری کافی نیست. اما احتمال قوی‌تر آن است که ما هیچ چیزی ـ حتی یک ستارهٔ دنباله‌دار ـ را تا رسیدن به یک فاصلهٔ شش ماهه از کرهٔ زمین نمی‌بینیم، که این نیز خیلی دیر است. ستارهٔ دنباله‌دار شومیکر-لوی ۹، به شکلی نسبتاً قابل رؤیت از سال ۱۹۲۹ به بعد در مدار پیرامون مشتری می‌چرخیده است، اما بیش از ۵۰ سال گذشت تا آنکه کسی پیدا شد و آن را دید.

نکتهٔ جالب توجه آن است که چون محاسبهٔ این گونه چیزها خیلی دشوار است و باید احتمال خطا را خیلی بزرگ در نظر بگیریم، حتی اگر بدانیم یک شیء آسمانی به سوی ما در حرکت است، تا زمانی که تقریباً به پایان راه نرسیده است از نزدیک شدنش ـ چند هفتهٔ پایانی ـ متوجه قطعی بودن اصابت آن به کرهٔ زمین نخواهیم شد. زیرا ما در بخش بزرگی از زمان نزدیک شدن شیء مزبور به زمین در نوعی مخروط عدم قطعیت به سر می‌بریم. این دوره، بدون تردید، جالب‌ترین چند ماههٔ پایانی در تاریخ کرهٔ زمین خواهد بود. و حالا جشنی را مجسم کنید که

به سلامت از کنار چنین واقعه‌ای گذشته است.

پیش از خداحافظی با اندرسن و ویتسکه از ایشان پرسیدم: «بدین ترتیب، حادثه‌ای مانند اصابت شهاب در محل شهر مانسن با چه فاصله‌ای تکرار می‌شود؟»

ویتسکه گفت: «اوه، به طور متوسط هر یک میلیون سال یک بار.»

اندرسن افزود: «و فراموش نکن که این یک واقعهٔ نسبتاً کوچک و جزیی بود. آیا می‌دانی چند مورد انقراض به دنبال همین اصابت شهاب در محل مانسن رخ داده است؟»

گفتم: «نه، هیچ تصویری از آن ندارم.»

او هم با لحنی نسبتاً رضایت بخش گفت: «هیچ، حتی یک مورد.»

ویتسکه و اندرسن شتابان و کم و بیش همزمان افزودند: البته همچنان که توضیح دادیم، تا شعاع چند صد مایلی این نقطه، بخش بزرگی از زمین با ویرانی و انهدام کامل روبه رو شده بود. اما حیات، خیلی سخت‌جان است، و وقتی پردهٔ سیاه دود از آسمان رفت، به تعداد کافی از گونه‌های جانداران بر جا مانده بودند و هیچ گونه‌ای به طور دایمی هلاک نشد.

ظاهراً یک خبر خوش آن است که منقرض شدن هرگونهٔ جاندار به مدت زمانی بس طولانی نیاز دارد. خبر بد هم آن است که هرگز نمی‌توان به آن خبر خوش اطمینان کرد. از آن بدتر اینکه برای درجا خشکاندن خطر، عملاً نیازی به نگریستن در آسمان نیست. همچنان که در صفحات بعد خواهیم دید، خود کرهٔ زمین هم می‌تواند برای ما بسیار خطر آفرین باشد.

# ۱۴ آتش درون

در تابستان سال ۱۹۷۱، زمین‌شناسی جوان به نام مایک وورهیز در یکی از چمنزارهای شرق نبراسکا در حوالی شهرک اورچاد که زادگاه و محل رشد او نیز بود قدم می‌زد. ضمن گذشتن از آبکندی با دیواره‌های پرشیب متوجه درخشش چیزی عجیب در لابه‌لای بوته‌های بالادست شد، خودش را به زحمت بالا کشید تا نگاهی به آن چیز بیندازد. آنچه او در برابر خود دید جمجمهٔ سالم یک بچه کرگدن بود که بر اثر باران‌های سنگین چند روز پیش و شسته شدن خاک‌ها نمایان شده بود.

معلوم شد که چند یارد آن طرف‌تر، یکی از خارق‌العاده‌ترین بسترهای فسیل‌دار کشف شده در آمریکای شمالی قرار دارد که در اصل یک گودال آب خشک شده بود ولی به گور دستجمعی ده‌ها جانور ــ انواع کرگدن، اسب‌های گورخرنما، گوزن‌های دندان خنجری، شترها و سنگ پشت‌ها ــ تبدیل شده است. همگی این جانوران بر اثر یک فاجعهٔ اسرارآمیز در حدود کمتر از دوازده میلیون سال پیش و در دورهٔ زمین‌شناسی میوسن مرده بودند. آن روزها ایالت نبراسکا در دشتی پهناور و گرم، خیلی مشابه دشت سرنگتی در افریقای امروزی واقع شده بود. جانوران مذکور در زیر خاکستری آتشفشانی به عمق ده فوت مدفون شده بودند. معمای قضیه در اینجا بود که در نبراسکای آن روز نه کوه آتشفشان وجود داشت نه پیش از آن چنین کوهی در آنجا بوده است.

امروز، محل کشف وورهیز را پارک ایالتی بسترهای فسیلی اشفال می‌نامند، که به یک مرکز و موزهٔ جدید مخصوص بازدیدکنندگان مجهز است و آثار مرتبط با تحولات زمین‌شناسی نبراسکا و تاریخچهٔ بسترهای فسیلی به دقت

در آن در معرض تماشا قرار داده شده است. این مرکز به یک آزمایشگاه دیوار شیشه‌ای مجهز است که بازدید کنندگان می‌توانند به تماشای پاک کردن استخوان‌های جانوران توسط دیرین‌شناسان بایستند. صبح روزی که من به آنجا رفتم شخصی خنده‌رو با موهای جوگندمی دیدم که لباس کار آبی رنگ پوشیده بود. به یادم آمد که او همان مایک وورهیز است که در یکی از فیلم‌های مستند تلویزیون بی‌بی‌سی دیده بودم. افراد چندانی به بازدید از پارک ایالتی بسترهای فسیلی اشفال نمی‌روند ـ چون کمی دور از مراکز جمعیت قرار دارد ـ و ظاهراً وورهیز هم خوشحال بود از اینکه همه جای آن مرکز را به من نشان می‌داد. مرا به نقطه‌ای بر بالای یک فَرکَند (درهٔ عمیق و باریک) بیست فوتی برد که جمجمهٔ یاد شده را در همانجا یافته بود.

با خوشحالی گفت: «این نقطه بیش از حد انتظار خاموش بود و نمی‌شد انتظار وجود این‌گونه استخوان‌ها را در آن داشت. ولی من به دنبال استخوان نمی‌گشتم. در آن لحظه به فکر تهیهٔ یک نقشهٔ زمین‌شناسی از نبراسکای شرقی بودم و فقط قدم می‌زدم و به این سو و آن سو نگاه می‌کردم. اگر از این فرکند صعود نکرده و رد نشده بودم و اگر باران باعث شسته شدن خاک و نمایان شدن آن جمجمه نشده بود من به راهم ادامه می‌دادم و این کشف هم هیچ‌گاه انجام نمی‌شد. به یک چار دیواری سر پوشیده در همان نزدیکی اشاره کرد، که محل حفاری‌های اصلی شده بود. نزدیک به دویست جانور در حالی که کنار هم و روی هم ریخته بودند در آنجا یافت شده بودند.

از او پرسیدم چرا گفتی اینجا بیش از حد انتظار خاموش بود و نمی‌شد انتظار وجود این‌گونه استخوان‌ها را در آن داشت. در آن چمنزار پهناور و یکنواخت، حرکتی تند کرد و گفت: «خوب، اگر کسی به دنبال استخوان می‌گردد باید به جایی برود که تودهٔ سنگ روباز در آن فراوان است. به همین دلیل است که بخش بزرگی از کارها و تحقیقات دیرین‌شناسی در نقاط گرم و خشک انجام می‌شود. نه اینکه در آنجاها استخوان بیشتری یافت می‌شود. بلکه فرصت و احتمال مشاهده و یافتن مکان آن‌ها بیشتر است. در محیطی چون این، پژوهنده نمی‌داند کارش را از کجا آغاز کند. عملاً در این جور جاها می‌توان به منابع عظیم استخوانی دست یافت، ولی کسی نمی‌داند جستجو را باید از کجا آغاز کرد.»

در آغاز چنین تصور می‌شد که جانوران را زنده زنده دفن کرده‌اند، و وورهیز نیز همین نکته را ضمن مقاله‌ای که در سال ۱۹۸۱ در مجلهٔ نشنال جئوگرافیک انتشار داد مطرح ساخت. به من گفت: «این مکان در مقایسهٔ مذکور به جایگاهی همانند جایگاه شهر پومپئی برای جانوران پیش از تاریخ تشبیه شده بود، که بی‌جا بود زیرا اندکی بعد دریافتیم که جانوران مذکور به هیچ وجه بر اثر مرگ ناگهانی در آنجا کپه نشده بودند. تمامی این جانوران به نوعی بیماری به نام اُستئو دیستروفی ریهٔ هیپرتروفیک مبتلا بودند، و این بیماری نیز زمانی به سراغ موجود زنده می‌آید که مقدار خاکستر سایای وارد شده به دستگاه تنفسی از حد عادی بیشتر باشد ــ و این جانوران نیز به احتمال قوی مقدار زیادی از این خاکستر را همراه تنفس خود وارد ریه‌شان کرده بودند زیرا لایه‌ای به ضخامت چند فوت تا چند صد مایل در اطراف آن محل دیده می‌شد. «یک تکه خاک خاکستری رنگ و رس مانند را از روی زمین برداشت و آن را توی کف دستم خرد کرد. ظاهری پودر مانند داشت اما اندکی درشت دانه‌تر بود.» در ادامهٔ سخنانش گفت: «تنفس کردنش خیلی خطرناک است، چون پودری بسیار نرم و در عین حال نوک تیز است. به هر حال، این جانوران به امید اینکه به آسایشی برسند تا این گودال آبیاری پیش آمدند اما با وضعیت ناگواری هلاک شدند. این خاکستر همه چیز را نابوده می‌کرده است. روی تمام علف‌ها و تک تک برگ‌ها را پوشانده بوده و آب را به لجنی خاکستری رنگ و غیر قابل شُرب تبدیل کرده بوده است. به هیچ وجه نمی‌توانسته است قابل تحمل و نوشیدن بوده باشد.»

از فیلم مستند تلویزیون بی‌بی‌سی چنین استنباط می‌شد که وجود آن همه خاکستر در نبراسکا چیزی شگفت‌انگیز تلقی می‌شد. به بیان دقیق‌تر، نهشت‌های عظیم خاکستر در نبراسکا از مدت‌ها پیش شناخته شده بود. از حدود یک سدهٔ پیش، این خاکسترها را برای تولید پودرهای شویندهٔ خانگی از قبیل Comet و Ajax استخراج می‌کرده‌اند. اما آنچه مایهٔ شگفتی می‌شود این است که تا آن روز کسی از خود نپرسیده بود که این همه خاکستر از کجا آمده است.

وورهیز خنده‌ای کرد و گفت: «با کمی شرمندگی باید بگویم که من نخستین بار زمانی در این مورد به فکر افتادم که یکی از ویراستاران نشریهٔ نشنال جئوگرافیک دربارهٔ سرچشمهٔ این خاکستر از من سؤال کرد و من نیز چاره‌ای جز اعتراف به

ندانستن آن نداشتم. هیچ کسی نمی‌دانست.»

وورهیز نمونه‌های از این خاکستر را به تمام همکارانش در سراسر ایالات متحد آمریکا فرستاد و از آن‌ها خواهش کرد در صورتی که چیزی در آن مورد می‌دانند به او اطلاع دهند. چند ماه بعد، یک زمین‌شناس به نام بیل بونیچسن از سازمان زمین‌شناسی آیداهو با او تماس گرفت و گفت که مشخصات این خاکستر با مشخصات نهشت آتشفشان به دست آمده از محلی به نام برونو-جاربیج در جنوب آیداهو مطابقت دارد. حادثه‌ای که به مرگ جانوران دشت‌های نبراسکا انجامید یک انفجار آتشفشانی با مقیاسی بود که تا آن روز کسی در تصور نیاورده بود ــ ولی به قدری بزرگ بود که لایهٔ خاکستری به ضخامت ۱۰ فوت در فاصلهٔ تقریباً ده هزار مایلی خود در شرق نبراسکا برجا گذاشته بود. معلوم شد که در زیر بخش غربی ایالات متحد آمریکا پاتیل عظیمی از ماگما (مواد گداختهٔ زیرزمینی) به صورت یک نقطهٔ آتشفشانی داغ و غول‌آسا وجود داشت که هر ۶۰۰,۰۰۰ و اندی سال یک بار به طرزی فاجعه‌آمیز فوران می‌کرد. آخرین فوران این پاتیل، دقیقاً ۶۰۰,۰۰۰ سال پیش صورت گرفت. نقطهٔ داغ هنوز در جای خود وجود دارد. آمریکایی‌ها امروزه آن جا را پارک ملی یلوستون می‌نامند.

با کمال تعجب، اطلاعات ما دربارهٔ آنچه در زیر پایمان می‌گذرد بسیار اندک است. اندیشیدن دربارهٔ این نکته که کارخانهٔ فورد دست‌اندرکار تولید انواع اتومبیل بوده است و بیسبال نیز بمراتب طولانی‌تر و زودتر از زمانی بازی می‌شده است که ما به وجود هستهٔ مرکزی کرهٔ زمین پی‌برده‌ایم، خیلی عادی به‌نظر می‌رسد. و البته این اندیشه که قاره‌های زمین در سطح آن حرکتی همانند حرکت برگ‌های پهن سوسن دارند نیز در طی عمر یک نسل یا اندکی کمتر در همه جا رواج داشت. ریچارد فاینمن نوشت: «گرچه ممکن است عجیب به نظر برسد، ما با چگونگی پراکندگی مواد درون کرهٔ خورشید بمراتب بهتر آشناییم تا با درون کرهٔ زمین و ترکیبات آن.»

فاصلهٔ سطح کرهٔ زمین تا مرکز آن ۳,۹۵۹ مایل است، که می‌بینیم خیلی از ما دور نیست. بر طبق محاسبات انجام شده، اگر چاهی تا عمق مرکز زمین حفر

کنید و آجری را به درون آن بیندازید، آجر فقط پس از ۴۵ دقیقه به ته چاه می‌رسد (هرچند در آن نقطه به چیزی بی‌وزن تبدیل می‌شود زیرا تمام نیروی گرانش زمین در بالا و اطراف آن قرار می‌گیرد و عمل می‌کند نه در زیر آن). تلاش‌های ما در جهت نفوذ به حد وسط این فاصله، عملاً ناچیز بوده است. یک یا دو معدن طلا در افریقای جنوبی داریم که تا عمق دو مایلی ادامه دارند اما اغلب معادن واقع در سطح زمین از یک چهارم مایل بیشتر در جهت پایین ادامه پیدا نمی‌کنند. اگر کرهٔ زمین را یک سیب فرض کنید، با این عمق‌هایی که گفته شد بشر از پوست سیب هم پایین‌تر نمی‌رود. به بیان دقیق‌تر، ما حتی به آن حدود نزدیک نشده‌ایم.

تقریباً تا اندکی کمتر از یک سدهٔ پیش از این، آنچه آگاه‌ترین اذهان علمی دربارهٔ اندرون کرهٔ زمین می‌دانستند تفاوت چندانی با اطلاعات یک کارگر معدن نداشت ــ بدین معنی که هرکسی می‌تواند دست اندرکار حفاری در خاک تا یک فاصلهٔ معین شود تا آنکه به تودهٔ سنگ برسد، همین و بس. سپس در سال ۱۹۰۶ یک زمین شناس ایرلندی به نام ر. د. اولدم ضمن بررسی برخی قرائت‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های لرزه نگار به دنبال وقوع زمین لرزه در گواتمالا متوجه شد که برخی امواج ضربه‌ای توانسته‌اند تا نقطه‌ای عمیق در درون زمین نفوذ کنند و سپس با یک زاویهٔ معین به سوی سطح زمین بازگردند، به طوری که گویی در آنجا به نوعی مانع برخورده‌اند. از اینجا او چنین نتیجه گرفت که کرهٔ زمین دارای یک هستهٔ مرکزی است. سه سال پس از او یک زمین لرزه شناس کرووات به نام آندریا موهورروویچیچ دست اندرکار مطالعهٔ نمودارهای خطی به دست آمده از یک زمین لرزه در شهر زاگرب بود که متوجه انحراف عجیب مشابهی شد، اما در سطحی کم عمق‌تر. او توانسته بود مرز بین پوستهٔ زمین و لایهٔ زیر آن یعنی جُبّهٔ زمین را کشف کند؛ این منطقه از آن روز به بعد ناپیوستگی موهورروویچیچ یا اختصاراً ناپیوستگی موهو نامیده شده است.

بشر تدریجاً به تصوری گنگ از اندرون لایه‌بندی شدهٔ کرهٔ زمین دست می‌یافت ــ هرچند تصور مذکور در واقعیت فقط گنگ بود. در سال ۱۹۳۶ یک دانشمند دانمارکی به نام اینگه لیمان در جریان مطالعهٔ لرزه نگاشت‌های حاصل از زمین لرزه‌های زلند جدید دریافت که زمین دو هستهٔ مرکزی دارد ــ یک درونْ هسته که امروز تصور می‌شود جامد باشد و دیگری برونْ هسته (همان که لیمان

شناسایی کرده بود) که تصور می‌شود مذاب باشد و مغناطیس زمین در آن جا قرار گرفته باشد.

درست در همان زمانی که لیمان دست اندرکار پالایش دانش و شناخت بنیادی ما از اندرون کرهٔ زمین به کمک مطالعهٔ امواج لرزه‌ای حاصل از زمین لرزه‌ها بود، دو زمین‌شناس از دانشگاه کلتک کالیفرنیا به دنبال پیدا کردن راهی برای انجام پاره‌ای مقایسه‌ها بین یک زمین لرزه و زمین لرزه‌ای دیگر بودند. این دو عبارت بودند از شارل ریشتر و بنو گوتنبرگ، هرچند به دلایلی که هیچ ربطی به انصاف ندارد مقیاس اندازه‌گیری شدت زمین لرزه، تقریباً در یک آن به تنهایی به ریشتر نسبت داده شد. (این نیز هیچ ربطی به ریشتر ندارد. او که انسانی متواضع بود، هیچ‌گاه از این مقیاس با نام خودش یاد نکرد بلکه آن را همیشه «مقیاس بزرگی» می‌نامید.)

افراد غیر دانشمند، مقیاس ریشتر را همیشه غلط تعبیر کرده‌اند، که البته امروزه در مقایسه با روزهایی که بازدید کنندگان از دفتر کار ریشتر غالباً از او می‌خواستند که مقیاس معروفش را به ایشان نشان دهد (به این خیال که این مقیاس وسیله‌ای مانند یک ماشین است) از دامنهٔ این اشتباه کاسته شده است. این مقیاس، بیش از آنکه یک ابزار باشد یک اندیشه و مقیاسی اختیاری برای لرزه‌های زمین براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در سطح زمین است. این مقیاس به طور تصاعدی افزایش پیدا می‌کند، به طوری که قدرت یک زمین لرزهٔ ۷/۳ در مقایسه با زمین لرزهٔ ۶/۳ معادل پنجاه برابر بیشتر و در مقایسه با زمین لرزهٔ ۵/۳ معادل ۲۵۰۰ برابر بیشتر می‌شود.

دست کم از لحاظ نظری، هیچ حد بالایی برای زمین لرزه وجود ندارد ـ در مورد حد پایین نیز همین‌گونه است. این مقیاس، اندازه‌گیری سادهٔ نیرو است اما در آن چیزی دربارهٔ خسارت گفته نمی‌شود. زلزله‌ای با بزرگی ۷، که در اعماق جبهٔ زمین رخ می‌دهد ـ مثلاً در عمق ۴۰۰ مایلی ـ ممکن است موجب هیچ‌گونه خسارت در سطح زمین نشود، اما زلزله‌ای با بزرگی بمراتب کوچکتر که در ۴ مایلی زیر سطح زمین رخ می‌دهد می‌تواند موجب ویرانی گسترده شود. بخش بزرگی از این تأثیر زلزله نیز به نوع خاک زیرین، طول زلزله، فرکانس و شدت پس لرزه‌ها، و محیط فیزیکی منطقهٔ آسیب دیده بستگی دارد. این همه بدان معنی

است که مخوف‌ترین زمین لرزه‌ها الزاماً نیرومندترین زمین لرزه‌ها نیستند، هرچند نیرو نیز تأثیر بسیار دارد.

بزرگترین زمین لرزه از زمان اختراع این مقیاس به بعد (بر حسب منبعی که از آن نقل می‌کنید) یا زمین لرزه‌ای با مرکزیت پرینس ویلیام ساوند در آلاسکا بود که در مارس ۱۹۶۴ با بزرگی ۹/۲ در مقیاس ریشتر رخ داد یا زمین لرزه‌ای که در سال ۱۹۶۰ در اقیانوس آرام و نزدیکی سواحل شیلی رخ داد. بزرگی زلزله اخیر نخست معادل ۸/۶ اعلام شد اما بعدها توسط برخی سازمان‌ها (از جمله سازمان زمین‌شناسی آمریکا) مورد تجدید نظر قرار گرفت و به مقیاس حقیقی و بزرگ خود یعنی ۹/۵ رسید. همچنان که از این مورد اخیر استنباط می‌شود، اندازه‌گیری زمین لرزه در تمام موارد به دقت انجام نمی‌شود، به ویژه وقتی تفسیر قرائت‌های دریافتی از نقاط دور دست نیز در آن دخالت داشته باشد. در هر حال، هر دو زمین لرزهٔ یاد شده بسیار عظیم بودند. زمین لرزهٔ سال ۱۹۶۰ نه فقط موجب ویرانی‌های گسترده در سراسر سواحل آمریکای جنوبی شد بلکه موج دریایی (سونامی) عظیمی به راه انداخت که پس از پیمودن مسافتی معادل شش هزار مایل به مرکز شهر هیلو در هاوایی رسید، پانصد ساختمان را نابود کرد و شصت نفر را کشت. امواج کوبندهٔ مشابهی نیز به ژاپن و فیلیپین رسیدند و تعداد بیشتری از مردم را کشتند.

اما از لحاظ ویرانی خالص و تمرکز یافته، شدیدترین زمین لرزهٔ ثبت شده در تاریخ به احتمال قوی زلزله‌ای بود که در سال ۱۷۵۵ (اول نوامبر) و روز قدیسان در شهر لیسبون پایتخت پرتغال رخ داد و شهر را عملاً چند تکه کرد. لحظاتی پیش از ساعت ۱۰ صبح، شهر ناگهان همچون گهواره‌ای به این سو و آن سو به حرکت درآمد و تا ۷ دقیقهٔ تمام شدیداً تکان خورد. بزرگی این زمین لرزه معادل ۹ در مقیاس ریشتر برآورد شده است. نیروی تکان‌های تشنجی این زمین لرزه به قدری زیاد بود که آب شتابان بندرگاه شهر را درنوردید و به شکل موجی با ارتفاع ۵۰ فوت به سوی دریا بازگشت و بدین ترتیب بر دامنهٔ ویرانی‌ها افزود. وقتی تکان‌های زمین سرانجام متوقف شد، جان به دربردگان فقط سه دقیقه روی آرامش دیدند چون ضربهٔ دوم نیز آغاز شد که فقط اندکی از ضربهٔ نخست خفیف‌تر بود. ضربه سوم که ضربهٔ نهایی بود دو ساعت بعد وارد شد. در پایان

این ضربه‌ها، شصت هزار نفر جان خود را از دست داده بودند و عملاً تمام ساختمان‌ها تا فاصلهٔ چندین مایل تخریب و متلاشی شده بودند. زمین لرزهٔ سان فرانسیسکو در سال ۱۹۰۶، در مقایسه با آن، با بزرگی ۷/۸ درجه در مقیاس ریشتر رخ داد و کمتر از ۳۰ ثانیه ادامه یافت.

زمین لرزه، در اغلب نقاط جهان رخ می‌دهد. هر روز به طور متوسط دو زمین لرزه با بزرگی ۲ درجه در مقیاس ریشتر یا بزرگتر از آن در نقاط پراکندهٔ جهان رخ می‌دهد ــ که همین برای تکان دادن هر کسی که در نزدیکی آن باشد کفایت می‌کند. با آنکه زمین لرزه‌ها معمولاً در برخی نقاط مشخص ــ به ویژه در اطراف حلقهٔ ساحلی اقیانوس آرام ــ رخ می‌دهند، اما عملاً ممکن است در هر جایی رخ دهند. در ایالات متحد آمریکا، فقط فلوریدا، شرق تکزاس، و بخش علیای غرب میانه، تا این تاریخ، به نظر می‌رسد کاملاً از ضربات زمین لرزه در امان باشند. ایالت نیو انگلند در دویست سال گذشته شاهد دو زمین لرزه با بزرگی ۶ درجه در مقیاس ریشتر یا بزرگتر بوده است. همین منطقه در سال ۲۰۰۲ شاهد زمین لرزه‌ای با بزرگی ۵/۱ درجه در مقیاس ریشتر بود که در نزدیکی دریاچهٔ چمپلین در امتداد مرز نیویورک ـ ورمانت رخ داد و موجب ویرانی‌های گسترده شد و (من می‌توانم شهادت دهم) تا منطقهٔ نیوهمپشر، عکس‌ها و تابلوها را از دیوارها و کودکان را از تختخواب‌ها بر زمین انداخت.

رایج‌ترین انواع زمین لرزه، زمین لرزه‌هایی هستند که در آن‌ها دو صفحهٔ زمین با یکدیگر برخورد می‌کنند، تدریجاً بر فشار از دو طرف افزوده می‌شود تا آنکه یکی از آن دو تسلیم می‌شود. به طور کلی، هرچه وقفهٔ بین دو واقعهٔ زمین لرزه طولانی‌تر شود، فشار انباشته شده به همان اندازه بیشتر خواهد بود و بدین ترتیب بر دامنهٔ تکان و ضربهٔ حقیقتاً بزرگ نیز افزوده خواهد شد. این مورد اخیر از نگرانی‌هایی است که در شهر توکیو وجود دارد، به طوری که بیل مک گایر کارشناس خطرات از یونیورسیتی کالج لندن، آن را با عبارت «شهری در انتظار مرگ» (نه آن شعاری که در بسیاری از نقشه‌ها و راهنماهای گردشگری خواهید دید) نامیده است. توکیو در مرز سه صفحهٔ تکتونیکی در ژاپن قرار گرفته است،

که به ناپایداری لرزه‌ای در جهان مشهور است. شاید به یاد داشته باشید که در سال ۱۹۹۵ شهر کوبه در ۳۰۰ مایلی غرب توکیو شاهد زمین لرزه‌ای با بزرگی ۷/۲ درجه در مقیاس ریشتر بود که به مرگ ۶۳۹۴ نفر انجامید. خسارات این زمین لرزه معادل ۹۹ میلیادر دلار برآورد شد. اما چنین خسارتی در مقایسه با آنچه در انتظار شهر توکیو است، در حد هیچ یا نسبتاً ناچیز به شمار می‌آید.

در عصر جدید، توکیو یک بار شاهد یکی از ویرانگرترین زمین لرزه‌ها بوده است. روز اول سپتامبر ۱۹۲۳، لحظاتی پیش از ظهر، زمین لرزهٔ معروف به کانتوی بزرگ، ناگهان شهر را تکان داد ــ واقعه‌ای که شدت آن در مقایسه با زمین لرزهٔ کوبه ۱۰ بار بیش‌تر بود. در این واقعه دویست هزار نفر جان خود را از دست دادند. از آن روز تاکنون، توکیو به طرز خوف‌انگیزی آرام بوده است. اما سرانجام، این آرامش درهم خواهد شکست. جمعیت توکیو در سال ۱۹۲۳ در حدود سه میلیون نفر بود. امروزه جمعیت شهر به سی میلیون نفر نزدیک می‌شود. هیچ کس به فکر تعداد انسان‌هایی نیست که جان خود را از دست خواهند داد، اما هزینهٔ اقتصادی خسارات بالقوهٔ چنین زمین لرزه‌ای تا رقم سرسام‌آور ۷ تریلیون دلار برآورد شده است.

حتی از این هراس انگیزتر، نوع کمیاب تکان‌های معروف به لرزه‌های درون صفحه‌ای است، چون این تکان‌ها به خوبی زمین لرزهٔ عادی شناخته نشده‌اند و احتمال وقوع‌شان در هر زمانی و هر مکانی وجود دارد. این تکان‌ها در فواصل قابل توجهی از مرزهای بین صفحات زمین رخ می‌دهند و همین باعث می‌شود که تماماً غیر قابل پیش‌بینی گردند. و چون از اعماق بسیار زیاد سرچشمه می‌گیرند معمولاً در مناطقی بمراتب گسترده‌تر انتشار می‌یابند. معروف‌ترین تکان از این نوع تکان‌ها در ایالات متحد آمریکا، سه تکان متوالی در نیومادرید از ایالت میسوری بودند که در زمستان سال ۱۸۱۱-۱۲ رخ دادند. واقعه، درست لحظاتی پس از نیم شب ۱۶ دسامبر و زمانی آغاز شد که مردم نخست بر اثر صدای ناشی از حیوانات هراس زده (بی‌قراری حیوانات در لحظات پیش از واقعهٔ زمین لرزه، فقط یک روایت عامیانه نیست بلکه واقعیتی اثبات شده است، هر چند چنان که باید و شاید شناخته نشده است) و سپس بر اثر یک صدای از هم گسیختگی بسیار مخوف از اعماق زمین بیدار شدند. اهالی شهر در حالی که از خانه‌های‌شان

خارج می‌شدند متوجه شدند که زمین زیر پایشان موج برداشته و تا ارتفاع سه فوت بالا آمده است و شکاف‌هایی با عمق چندین فوت پیدا کرده است. بوی تند گوگرد هوا را پر کرده بود. تکان‌های زمین تا چهار دقیقه ادامه یافت و اثرات و عوارض ویرانگرانهٔ معمول را برجا گذاشت. از جمله شاهدان این واقعه می‌توان به جان جیمز اودبن اشاره کرد که تصادفاً به آن منطقه سفر کرده بود. این زمین لرزه با چنان نیرویی در اطراف انتشار یافت که حتی در سینسیناتی به فاصلهٔ چهارصد مایلی آن دودکش‌های خانه‌ها و کارخانه‌ها را بر زمین انداخت و دست کم بر طبق یک منبع، «قایق‌های متوقف شده در بندرگاه‌های ساحل شرقی را متلاشی کرد و... داربست برپا شده به گرد ساختمان کاپیتول واشنگتن دی. سی. را خوابانید.» در روزهای ۲۳ ژانویه و ۴ فوریه، زمین لرزه‌هایی با همان بزرگی رخ دادند. از آن زمان تاکنون هیچ زمین لرزهٔ دیگری در نیومادرید رخ نداده است ــ اما این خیلی شگفت‌آور نیست، چون تاکنون هرگز پیش نیامده است که چنین وقایعی دوبار در یک نقطه اتفاق افتاده باشند. تا جایی که ما می‌دانیم، احتمال وقوع این گونه زمین‌لرزه به اندازهٔ احتمال اصابت صاعقه به یک نقطه است. تکان بعدی، احتمالاً در زیر شیکاگو یا پاریس یا کینشازا رخ خواهد داد. هیچ کسی حتی نمی‌تواند به حدس زدن دربارهٔ واقعه‌ای چنین احتمالی بپردازد. راستی، چه علتی موجب این از هم گسیختگی‌های درون صفحه‌ای می‌شود؟ علت، در اعماق زمین است. بیش از این چیزی نمی‌دانیم.

در دههٔ ۱۹۶۰ دانشمندان آن قدر از ناچیز بودن اطلاعات‌شان دربارهٔ شرایط درون کرهٔ زمین نومید شده بودند که تصمیم گرفتند کاری در این مورد انجام دهند. به ویژه آنکه به فکر افتادند در نقطه‌ای از بستر اقیانوس دست به حفاری بزنند (چون پوستهٔ زمین در بخش خشکی‌های زمین خیلی ضخیم بود) و به ناپیوستگی موهو برسند و تکه‌ای از جبهٔ زمین را برای انجام آزمایش‌های لازم در فرصت‌های مناسب از بستر اقیانوس استخراج کنند. دانشمندان تصور می‌کردند اگر بتوانند نوع سنگ‌های درون زمین را شناسایی کنند، ممکن است بتوانند تدریجاً به ماهیت تأثیرات متقابل آن‌ها پی ببرند و نتیجتاً بتوانند وقوع زمین لرزه‌ها

و دیگر حوادث ناگوار و فاجعه بار را پیش بینی کنند.

این پروژه، به ناگزیر پروژهٔ موهول یا گمانهٔ موهول نامیده شد و تماماً نیز به فاجعه انجامید. دانشمندان امیدوار بودند بتوانند متهٔ حفاری را از لایـهٔ ۱۴۰۰۰ فوتی آب اقیانوس در سواحل مکزیک به بستر اقیانوس برسانند و یک حفاری تقریباً ۱۷۰۰۰ فوتی در تودهٔ سنگ نسبتاً نازک پوستهٔ زمین در آنجا انجام دهند. به گفتهٔ یک اقیانوس شناس، حفاری کردن از یک کشتی مستقر در آب‌هـای آزاد، «مثل آن است که در بالای ساختمان ایمپریال استیت بیلدینگ در شهر نیویورک بایستید و بخواهید با استفاده از یک رشته اسپاگتی در پیاده‌روهای شهر حفاری کنید.» تمام تلاش‌ها به شکست انجامید. عمیق‌ترین سوراخی که حفاری کردند از ۶۰۰ فوت فراتر نرفت. پروژهٔ موهول از آن پس No Hole (هیچ گمانه) لقب گرفت. در سال ۱۹۶۶، کـنگرهٔ آمـریکا کـه از افـزایش روزافـزون هـزینه‌ها و بـه نـتیجه نیانجامیدن آن پروژه خشمناک شده بود از ادامهٔ آن جلوگیری کرد.

چهار سال بعد، دانشمندان اتحاد شوروی کوشیدند بـخت خـویش را در خشکی بیازمایند. بدین منظور، نقطه‌ای را در شبه جزیرهٔ کولا و در نزدیکی مرز فنلاند و روسیه انتخاب کردند و به این امید که خواهند توانست تا ۱۵ کیلومتر به حفاری ادامه دهند، دست به کار شدند. در عمل، این کار سخت‌تر از آن بود که انتظارش می‌رفت اما دانشمندان شوروی بر ادامهٔ کار اصرار ورزیدند. سرانجام، وقتی پس از ۱۹ سال دست از کار کشیدند، حفاری‌شان به عمق ۱۲۲۶۲ متر یا حدود ۷/۶ مایل رسیده بود. با یادآوری این نکته که پوستهٔ زمین فقط در حدود ۰/۳ درصد حجم کلی این سیاره را تشکیل می‌دهد و گمانهٔ‌حفاری شده در کولا حتی از یک سوم ضخامت پوسته نگذشته بود، به سختی می‌توان مدعی غلبه بر اندرون زمین شد.

نکتهٔ جالب توجه آن است که گمانهٔ مذکور گرچه کوچک بود، تقریباً همهٔ اجزای آن خارق‌العاده بود. موج لرزه‌ای مطالعه شده، دانشمندان را بـا اطـمینان بسیار به پیش‌گویی این نکته هدایت کرده بود که در عمق ۴۷۰۰ متری به تـودهٔ سنگ‌های رسوبی، در ۲۳۰۰ متر بعدی به سنگ گرانیت، و از آنجا بـه بـعد بـه سنگ بازالت برمی‌خورند. در عـمل، عـمق لایـهٔ رسـوبی پـنجاه درصـد از حـد پیش‌بینی شده بیشتر بود و از لایهٔ بازالت هم کوچکترین اثری یافت نشد. گذشته

از این، دنیای زیرین از آنچه قبلاً تصور می‌شد بمراتب گرم‌تر بود و در عمق ۱۰,۰۰۰ متری به ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد یعنی دو برابر مقدار پیش‌بینی شده می‌رسید. از همه شگفت‌انگیزتر آن بود که تودهٔ سنگ در چنان ژرفایی از آب اشباع شده بود، و این نیز چیزی غیر ممکن تصور شده بود.

ما چون نمی‌توانیم درون زمین را ببینیم مجبوریم به روش‌های فنی دیگری متوسل شویم، که غالباً شامل قرائت امواج در ضمن حرکت از درون زمین می‌شود. ما از طریق لوله‌ها یا دودکش‌های کیمبرلیتی یعنی همان جایی که انواع الماس شکل می‌گیرد، مختصر اطلاعاتی دربارهٔ جُبهٔ زمین به دست آورده‌ایم. آنچه در اعماق زمین رخ می‌دهد از این قرار است که در آنجا انفجاری رخ می‌دهد که گلوله‌ای از ماگمای آتشین را با سرعت ماورای صوت به سوی سطح زمین شلیک می‌کند. شما در حالی که مشغول مطالعهٔ این صفحهٔ کتاب هستید ممکن است یکی از این دودکش‌های کیمبرلیتی در محوطهٔ حیاط خلوت منزل‌تان منفجر شود. دودکش‌های کیمبرلیتی چون از چنان اعماقی ــ تا ۱۲۰ مایل در درون زمین ــ تا سطح زمین کشیده می‌شوند انواع چیزهایی را با خود همراه می‌آورند که معمولاً در سطح زمین یا در نزدیکی آن یافت نمی‌شوند: سنگی به نام پریدوتیت، بلورهای اولیوین، و ــ فقط گاهی، آن هم در یک دودکش از میان صد دودکش ــ انواع الماس. مقدار زیادی کربن همراه پرتابه‌های آتشفشانی کیمبرلیتی به سطح زمین می‌رسد، اما بخش عمدهٔ آن یا به صورت بخار است یا به گرافیت تبدیل می‌شود. فقط گاهی پیش می‌آید که تکه‌ای از آن با سرعت مناسب شلیک شود، با شتاب لازم سرد شود و به صورت یک الماس درآید. وجود همین دودکش‌ها بود که افریقای جنوبی را به حاصلخیزترین کشور الماس‌خیز جهان تبدیل کرد، اما ممکن است دودکش‌هایی بزرگ‌تر از آن‌ها هم وجود داشته باشند که ما از وجودشان بی‌خبریم. زمین شناسان می‌دانند که جایی در نزدیکی شمال شرقی ایالت ایندیانا، مدارکی دال بر وجود یک دودکش یا گروهی از چندین دودکش وجود دارد که ممکن است بسیار عظیم باشند. تکه الماس‌هایی به وزن حداکثر ۲۰ قیراط یا بیشتر، به شکل پراکنده در سراسر این منطقه یافت شده‌اند. اما تاکنون کسی سرچشمهٔ این الماس‌ها را پیدا نکرده است. به گفتهٔ جان مک‌فی، این سرچشمه ممکن است در زیر خاک‌های نهشتهٔ یخچالی، همانند گودال

مانسن در ایالت آیووا، یا در زیر دریاچه‌های بزرگ مدفون شده باشد.

با این وصف، ما چقدر دربارهٔ آنچه در درون زمین می‌گذرد می‌دانیم؟ خیلی کم. دانشمندان عموماً در این مورد اتفاق نظر دارند که دنیای زیر پای ما از چهار لایه ــ پوستهٔ سنگی بیرونی، جبه‌ای متشکل از سنگ‌های داغ و چسبنده، یک هستهٔ مایع بیرونی، و یک هستهٔ جامد درونی* ــ تشکیل می‌شود. می‌دانیم که سطح زمین در سیطرهٔ سیلیکات‌ها است و اینها نیز نسبتاً سبک هستند و آن قدر سنگین نیستند که چگالی کلی این سیاره نتیجهٔ آن‌ها باشد. به همین دلیل، باید ماده‌ای سنگین‌تر در آن زیر وجود داشته باشد. می‌دانیم که برای تولید میدان مغناطیسی زمین در جایی از مرکز زمین، باید کمربند متمرکزی از عناصر فلزی به حالت مایع وجود داشته باشد. تا اینجای مسأله، مورد توافق همگانی است. تقریباً هر چیزی در ورای آن ــ چگونگی تأثیرگذاری متقابل لایه‌ها، علت رفتارهایی که از این لایه‌ها سر می‌زند، رفتارهایی که در هر زمانی در آینده از آن‌ها سر خواهد زد ــ تقریباً تا حدودی با عدم قطعیت همراه است، و آن نیز عموماً بسیار زیاد است.

حتی تنها قسمتی از آن که برای ما قابل مشاهده است یعنی پوستهٔ زمین، همچنان موضوع مباحثه‌های تند و سرسختانه است. تقریباً در تمام متن‌های درسی رشتهٔ زمین‌شناسی گفته می‌شود که ضخامت پوستهٔ قاره‌ای در زیر اقیانوس‌ها از سه تا شش مایل، در زیر قاره‌ها در حدود بیست و پنج مایل، و در زیر رشته کوه‌های بزرگ بین چهل تا شصت مایل است، اما تغییرات و تنوعات گیج کنندهٔ بسیاری در این کلی گویی‌ها وجود دارد. مثلاً ضخامت پوستهٔ زمین واقع در زیر کوه‌های سییرا نوادا، فقط بین نوزده تا بیست و پنج مایل است، و

* برای کسانی که مشتاق به دست آوردن تصویری مفصل‌تر در مورد درون کرهٔ زمین هستند در اینجا ابعاد لایه‌های مختلف به شکل ارقام متوسط اعلام می‌شود: از صفر تا ۴۰ کیلومتری (۲۵ مایل) پوسته است. از ۴۰ تا ۴۰۰ کیلومتر (۲۵ تا ۲۵۰ مایل) جُبهٔ بالایی است. از ۴۰۰ تا ۶۵۰ کیلومتر (۲۵۰ تا ۴۰۰ مایل) یک بخش انتقالی بین جبهٔ بالایی و پایینی است. از ۶۵۰ تا ۲۷۰۰ کیلومتر (۴۰۰ تا ۱۷۰۰ مایل) جُبهٔ پایینی است. از ۲۷۰۰ تا ۲۸۹۰ کیلومتر (۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ مایل) لایهٔ "D" است. از ۲۸۹۰ تا ۵۱۵۰ کیلومتر (۱۹۰۰ تا ۳۲۰۰ مایل) هستهٔ بیرونی است، و از ۵۱۵۰ تا ۶۳۷۰ کیلومتر (۳۲۰۰ تا ۳۹۶۷ مایل) هستهٔ درونی است.

کسی هم نمی‌داند چرا چنین است. بر طبق تمام قوانین ژئوفیزیک، رشته کوه‌های سییرا نوادا اکنون می‌بایست طوری در حال غرق شدن باشند که گویی به درون یک باتلاق شنی فرو می‌روند (برخی معتقدند که ممکن است در حال فرو رفتن باشند).

اینکه کرهٔ زمین چگونه و در چه زمانی دارای پوستهٔ کنونی خود شد، از مسایلی است که زمین شناسان را به دو اردوگاه بزرگ تقسیم می‌کند ـ زمین شناسانی که معتقدند این تحول به صورت ناگهانی و در نخستین دورهٔ تاریخ زمین انجام شد، و گروهی که می‌گویند این تحول به صورت تدریجی و اندکی دیرتر انجام شد. مباحثه در این موارد با هیجان بسیار ادامه دارد. ریچارد آرمسترانگ از دانشگاه ییل در دههٔ ۱۹۶۰ نظریهٔ فوران آغازین (early-burst theory) را مطرح ساخت و به دنبال آن، سال‌های باقی ماندهٔ عمرش را صرف مبارزه با کسانی کرد که آن نظریه را نمی‌پذیرفتند. او در سال ۱۹۹۱ بر اثر ابتلا به بیماری سرطان درگذشت، اما اندکی پیش از مرگ، «با انتشار مقاله‌ای مجادله‌ای در یکی از مجلات مربوط به زمین‌شناسی در آمریکا به منتقدانش تاخت» و بر طبق گزارش مجلهٔ *Earth* در سال ۱۹۹۸، «آن‌ها را به ابدی کردن اسطوره‌ها متهم ساخت.» به گفتهٔ یکی از همکارانش: «او همچون انسانی تلخکام از جهان رفت.»

پوستهٔ زمین و بخشی از جبهٔ بیرونی، توأماً لیتوسفر (lithosphere یا سنگ کره، از ریشهٔ یونانی *Lithos* به معنی «سنگ») نامیده می‌شوند. لیتوسفر نیز به نوبهٔ خود بر روی لایه‌ای از سنگ نرم‌تر به نام آستنوسفر (asthenosphere یا مذاب کره، از دو واژهٔ یونانی به معنی «بی مقاومت») شناور است، اما این گونه اصطلاحات هیچگاه به طور کامل برآورندهٔ نیازهای این رشته نیستند. همچنین، اگر سنگ‌ها را طوری در تصور آوریم که گویی همانند مواد جریان یافته در سطح زمین در چیزی جریان می‌یابند، گمراه کننده خواهد بود. سنگ‌ها گرانرو هستند، اما فقط به شکلی که شیشه گرانرو است. شاید ظاهراً چنین به نظر نرسد اما کل شیشهٔ موجود در کرهٔ زمین، تحت تأثیر نیروی بی‌امان گرانش، روبه پایین جریان دارد. اگر یک جام شیشهٔ کهنه را از چارچوب پنجرهٔ یک کلیسای اروپایی خارج سازید متوجه خواهید شد که ضخامت آن در قسمت پایین به مراتب بیشتر است تا در

قسمت بالا. این از نوع همان «جریان یافتنی» است که ما در اینجا از آن سخن می‌گوییم. عقربهٔ ساعت در حدود ده هزار بار تندتر از «جریان یافتن» سنگ‌های جبهٔ زمین حرکت می‌کند.

این حرکات نه فقط به صورت جانبی و همزمان با حرکت صفحات زمین در سطح سیاره بلکه به صورت بالا و پایین و همزمان با بالا و پایین رفتن سنگ‌ها در فرآیند برهم زنندهٔ موسوم به همرفت نیز صورت می‌گیرند. وجود همرفت به عنوان یک فرآیند، نخستین بار توسط کنت فون رامفرد عجیب و غریب در پایان سدهٔ نوزدهم حدس زده شد. شصت سال بعد، یک کشیش انگلیسی به نام آزمُند فیشر، به شکلی پیشگویانه اعلام کرد که درون کرهٔ زمین ممکن است به قدری مایع‌گون باشد که محتویاتش به هر طرف حرکت کنند، اما سال‌های بسیاری گذشت تا آن اندیشه نیز پشتیبانانی پیدا کرد.

در حدو سال ۱۹۷۰، وقتی ژئوفیزیک‌دان‌ها به ابعاد آشوب درونی زمین پی بردند، ضربه‌ای سنگین بر پیکر زمین‌شناسی وارد شد. همچنان که شاونا فوگل در کتاب زمین برهنه: ژئوفیزیک نوین (*Naked Earth: The New Geophysics*) گفته است: «وضع چنان بود که گویی دانشمندان جهان چندین دهه از عمرشان را صرف محاسبه و شناخت لایه‌های اتمسفر زمین ـ تروپوسفر، استراتوسفر، و مانند اینها ـ کرده‌اند و سپس ناگهان به اطلاعاتی دربارهٔ باد دست یافته‌اند.»

اینکه فرآیند همرفت تا چه عمقی ادامه می‌یابد، از آن زمان تاکنون موضوع بحث و مجادله بوده است. برخی می‌گویند از چهارصد مایلی زیر زمین آغاز می‌شود، برخی نیز معتقدند نقطهٔ آغاز آن در دو هزار مایلی زیر پای ما است. مسأله، همچنان که دانلد ترفیل گفته است، بدین ترتیب است: «دو مجموعه اطلاعات، از دو رشتهٔ متفاوت در اختیار داریم که با یکدیگر سازش ناپذیرند.» ژئوشیمی‌دان‌ها تردیدی ندارند که عناصر موجود در کرهٔ زمین نمی‌توانسته‌اند از جُبهٔ بالایی سرچشمه گرفته باشند بلکه باید از اعماق پایین‌تر به اینجا آمده باشند. بنابراین، مواد موجود در جبهٔ بالایی و پایینی، دست کم باید گاهگاهی با یکدیگر مخلوط شوند. لرزه شناسان اصرار دارند که هیچ مدرکی برای تایید چنین فرضیه‌ای وجود ندارد.

بنابراین، کل آن چیزی که می‌توان بیان کرد این است که ما در نقطه‌ای نسبتاً نامعین در ضمن حرکت به سوی مرکز کرهٔ زمین، آستنوسفر (مذاب کره) را پشت

سر می‌گذاریم و در جبهٔ خالص وارد می‌شویم. گرچه ۸۲ درصد حجم کرهٔ زمین و ۶۵ درصد جرم آن را جبه تشکیل می‌دهد، اما توجه چندانی را به خود جلب نمی‌کند، که علت اصلی آن نیز این است که چیزهای مورد توجه دانشمندان زمین شناس و خوانندگان غیرمتخصص عموماً یا در اعماق بیشتر (مانند مغناطیس) قرار دارند یا در نزدیکی سطح آن (مانند زمین لرزه). می‌دانیم که جبهٔ زمین تا عمق صد مایلی، عمدتاً از نوعی سنگ معروف به پریدوتیت تشکیل می‌شود ولی مادهٔ پر کنندهٔ بعدی ناشناخته است. بر طبق گزارشی که در نشریهٔ نیچر انتشار یافت، به نظر نمی‌رسد این ماده نیز پریدوتیت باشد. ما بیش از این، چیزی نمی‌دانیم.

در زیر جبهٔ زمین، دو هستهٔ آن ــ یک هستهٔ جامد درونی و یک هستهٔ مایع بیرونی ــ قرار دارند. نیازی به گفتن ندارد که شناخت ما از ماهیت و نوع این هسته‌ها، غیر مستقیم است، ولی دانشمندان می‌توانند به یک رشته حدس‌های منطقی متوسل شوند. آن‌ها می‌دانند که مقادیر فشار در مرکز کرهٔ زمین آن قدر زیاد است ــ چیزی در حدود سه میلیون برابر فشارهای موجود در سطح ــ که هر سنگ موجود در آن را به صورت جامد در می‌آورد. همچنین بر اساس تاریخچهٔ کرهٔ زمین (در میان همهٔ سر نخ‌ها) می‌دانند که هستهٔ درونی، خیلی خوب می‌تواند گرمای خود را حفظ کند. گرچه اندکی از دایرهٔ حدس و گمان خارج می‌شود، دانشمندان تصور می‌کنند از دمای هستهٔ زمین در طی بیش از چهار میلیارد سال، حداکثر در حدود ۲۰۰ درجهٔ فارنهایت کاسته شده است. هیچ کس به درستی نمی‌داند هستهٔ کرهٔ زمین تا چه اندازه داغ است، اما دانشمندان آن را در محدودهٔ ۷۰۰۰ تا ۱۳۰۰۰ درجهٔ فارنهایت ــ یعنی به اندازهٔ گرمای سطح خورشید ــ برآورد می‌کنند.

هستهٔ بیرونی، از بسیاری جهات، حتی کمتر از هستهٔ درونی شناخته شده است، هر چند همهٔ دانشمندان در این نکته توافق دارند که هستهٔ مذکور مایع است و مغناطیس زمین نیز در همین جا مستقر است. در سال ۱۹۴۹، این نظریه توسط ا. چ. بولارد مطرح شد که همین بخش سیال هستهٔ زمین چنان چرخشی دارد که آن را عملاً به یک الکتروموتور تبدیل می‌کند و میدان مغناطیسی زمین را به وجود می‌آورد. چنین فرض می‌شود که سیال‌های همرفت در زمین، تا حدودی همانند جریان‌های عبوری از کابل‌ها یا سیم‌ها عمل می‌کنند. اینکه دقیقاً چه چیزی در اینجا رخ می‌دهد بر کسی دانسته نیست، اما تردیدی وجود ندارد که این

چیز با چرخش هسته و مایع بودن آن ارتباط دارد. جرم‌های فاقد هستهٔ مایع ـ مانند ماه و مریخ ـ مغناطیس ندارند.

می‌دانیم که قدرت میدان مغناطیسی زمین گاهگاهی تغییر می‌یابد: در طی عصر دایناسورها، در حدود سه برابر قدرت کنونی بود. همچنین می‌دانیم که این میدان به طور متوسط هر ۵۰۰,۰۰۰ و اندی سال یک بار معکوس می‌شود، هر چند این رقم متوسط باعث پوشیده ماندن بخش عظیمی از غیرقابل پیش‌بینی بودن آن می‌شود. آخرین معکوس شدن میدان مغناطیسی، حدود ۷۵۰,۰۰۰ سال پیش از این رخ داد. گاهی، تا میلیون‌ها سال ثابت می‌ماند ـ به نظر می‌رسد که طولانی‌ترین دورهٔ ثابت ماندگی آن ۳۷ میلیون سال بوده باشد ـ و گاهی نیز در مدتی کوتاه‌تر در حدود بیست میلیون سال معکوس شده است. در طی ۱۰۰ میلیون سال گذشته، میدان مغناطیسی زمین بر روی هم دویست بار معکوس شده است، و ما هیچ چیزی دربارهٔ علت این همه معکوس شدگی نداریم. این حالت را «بزرگ‌ترین پرسش بی‌پاسخ مانده در علوم زمین» نامیده‌اند.

ممکن است هم اکنون نیز میدان مغناطیسی زمین در حال معکوس شدن باشد. فقط در سدهٔ گذشته، احتمالاً چیزی در حدود ۶ درصد از میدان مغناطیسی زمین کاسته شده است. هرگونه کاهش در مغناطیس زمین را باید خبری ناگوار تلقی کرد زیرا مغناطیس علاوه بر آنکه برای یخچال‌ها و نگهداشتن قطب‌نماها در جهت صحیح اهمیت دارد، در زنده نگهداشتن ما نیز نقشی حیاتی ایفا می‌کند. فضا از انواع اشعهٔ کیهانی انباشته است، که در صورتِ نبودِ حفاظ مغناطیسی موجب از هم شکافتن بدن‌های ما و بی‌مصرف و تکه پاره ساختن DNAی ما می‌شوند. وقتی میدان مغناطیس فعال باشد این اشعه، به شکلی بی خطر از سطح زمین رانده می‌شوند و به درون دو منطقه در نزدیکی فضا وارد می‌شوند که کمربندهای وان آلن نامیده می‌شوند. این اشعه، در عین حال با ذرات فعال در جو بالا نیز تأثیر متقابل می‌گذارند و موجب پیدایش پرده‌های نور مسحورکنندهٔ معروف به شفق می‌شوند.

نکتهٔ جالب توجه اینجاست که بخش بزرگی از دلیل بی‌اطلاعی ما آن است که کوشش در جهت هماهنگ سازی رویدادهای درون آن، سنتاً بسیار اندک بوده است. به گفتهٔ شاونا فوگل: «زمین‌شناسان و ژئوفیزیک‌دان‌ها، ندرتاً در جلسات

مشترک حضور می‌یابند یا در مورد مسایل واحدی همکاری می‌کنند.»

شاید هیچ چیزی بهتر از این نارسایی شناخت ما از حرکت درون کرهٔ زمین را اثبات نکند که وقتی این بخش از زمین فعال می‌شود ما حیرت زده می‌شویم، و پیدا کردن عامل هشدار دهنده‌ای بی‌خطرتر از فوران کوه سنت هلن در سال ۱۹۸۰ در واشنگتن برای اثبات محدودیت‌های قدرت شناخت ما دشوار است.

در آن زمان، چهل و هشت ایالت سفلای آمریکا از شصت و پنج سال قبل شاهد فوران آتشفشان نشده بودند. به همین علت، تعدادی از آتشفشان‌شناسان دولتی که برای نظارت بر کوه سنت هلن و پیش بینی رفتار آن دعوت شدند فقط فعالیت آتشفشان‌های هوایی را دیده بودند، که آن هم معلوم شد با این یکی تفاوت بسیار داشته‌اند.

غرش‌های هراس‌انگیز کوه سنت هلن روز ۲۰ مارس آغاز شد. فوران ماگما به فاصلهٔ یک هفته، البته به مقدار ناچیز، مشاهده شد. دفعات فوران روزانه به ۱۰۰ بار می‌رسید و کوه دایماً بر اثر زمین لرزه تکان می‌خورد. ساکنان اطراف کوه به نقطه‌ای امن در فاصلهٔ هشت مایلی آن تخلیه شدند. با تشدید غرش‌های کوه، سنت هلن به یکی از جاذبه‌های گردشگری جهان تبدیل شد. روزنامه‌ها هر روز گزارش‌هایی دربارهٔ بهترین چشم‌اندازها برای تماشای کوه چاپ می‌کردند. فیلمبرداران تلویزیونی، بارها با هلیکوپتر بر فراز قلهٔ کوه پرواز کردند، حتی بسیاری از مردم به خودشان جرأت دادند و از کوه بالا رفتند. فقط یک روز، بیش از هفتاد هلیکوپتر و هواپیما برفراز سنت هلن پرواز کردند. ولی با گذشت چندین روز و نرسیدن غرش‌های کوه به مرحله‌ای نمایشی، مردم بی‌قرارتر شدند و این شایعه دامن گرفت که از قرار معلوم کوه سنت هلن قصد خاموش شدن ندارد.

روز ۱۹ آوریل، یال شمالی کوه، به شکل روشنی برآمدگی پیدا کرد. نکتهٔ جالب توجه اینجاست که هیچ مقام مسئولی تصور نمی‌کرد این تغییر، علامت یک انفجار جانبی باشد. لرزه شناسان، نتیجه‌گیری‌های خود را قاطعانه بر رفتار آتشفشان‌های هاوایی قرار می‌دادند که خبری از انفجار جانبی در آن‌ها نبود. تقریباً تنها کسی که معتقد بود ممکن است حادثه‌ای واقعاً ناگوار رخ دهد، جک هاید استاد زمین‌شناسی از کامیونیتی کالج در تاکوما بود. او متذکر شد که کوه سنت هلن چیزی به شکل هواکش باز، مانند آنچه در آتشفشان‌های هاوایی

دیدیم ندارد و به همین علت هرگونه فشاری که در درون کوه تشکیل شود قطعاً به شکلی تماشایی و احتمالاً فاجعه‌بار از آن خارج خواهد شد. لیکن جک هاید جزیی از گروه رسمی نبود و اظهار نظرش چندان مورد توجه قرار نگرفت.

آمریکایی‌ها می‌دانند که رخداد بعدی چه بود. در ساعت ۸:۳۲ بامداد یکشنبه ۱۸ مه، سمت شمالی آتشفشان فروریخت و بهمن عظیمی از خاک و سنگ را با سرعت ۱۵۰ مایل در ساعت از شیب کوه به پایین فرستاد. این بزرگترین زمین لغزهٔ ثبت شده در تاریخ بشر بود و مصالحی که در این حادثه جابه‌جا شد برای مدفون ساختن منطقهٔ مانهاتان نیویورک تا عمق چهارصد فوتی کفایت می‌کرد. یک دقیقهٔ بعد، یال کوه سنت هلن شدیداً تضعیف و خود کوه با قدرتی معادل پانصد برابر بمب‌های اتمی هیروشیما منفجر شد و ابری داغ و مرگبار با سرعت ۶۵۰ مایل در ساعت از خود خارج ساخت ــ که این نیز آشکارا به قدری تند پیش می‌تاخت که هیچ کسی در آن نزدیکی‌ها نمی‌توانست سریع‌تر از آن حرکت کند. بسیاری از مردم که برای ماندن در نقاط امن آموزش دیده بودند و غالباً خیلی دورتر از کوه آتشفشان زندگی می‌کردند و آن را نمی‌دیدند، غافلگیر شدند. در این واقعه، پنجاه و هفت نفر جان باختند. جسد بیست و سه نفر هیچگاه یافته نشد. اگر حادثه در روزی غیر از یکشنبه رخ می‌داد تعداد کشته‌ها از این هم بیشتر می‌شد. مثلاً اگر در هر یک از دیگر روزهای هفته رخ می‌داد، بسیاری از کارگران چوب‌بری در منطقهٔ مرگ مشغول به کار می‌بودند. تأثیر مرگبار حادثه تا فاصلهٔ ۱۸ مایلی موجب کشته شدن افراد گردیده بود.

خوشبخت‌ترین فرد در آن حادثه، یک دانشجوی دورهٔ لیسانس به نام هری گلیکن بود. او جزو نفرات یک پایگاه رصدگیری در فاصلهٔ ۵/۷ مایلی کوه بود، ولی قرار بود روز ۱۸ مه در مصاحبهٔ گزینش برای کالج در کالیفرنیا باشد، و به همین دلیل، یک روز پیش از واقعه از محل خارج شده بود. به جای او دیوید جانستن انجام وظیفه می‌کرد.

جانستن نخستین کسی بود که انفجار آتشفشان را به مقامات کشوری گزارش داد؛ چند لحظه بعد، او مرده بود. جسدش هیچگاه پیدا نشد. افسوس که خوشبختی گلیکن نیز موقتی بود. یازده سال بعد، او یکی از چهل و سه دانشمند و روزنامه‌نگاری بود که در میان فوران‌های کشندهٔ خاکستر، گاز، و سنگ مذاب گیر افتادند و جان‌شان

را در حادثه‌ای که جریان آذرآوری نامیده می‌شود از دست دادند. این بار نیز تغییرات کوه آتشفشان اونزن در ژاپن به طرز فاجعه‌باری به غلط تفسیر شده بود.

آتشفشان‌شناسان ممکن است از لحاظ پیش‌بینی‌هایی که انجام می‌دهند بهترین یا بدترین دانشمندان جهان باشند، اما از لحاظ تشخیص درجهٔ خطرناکی پیش‌بینی‌هایشان بدترین دانشمندان جهان هستند. کمتر از دو سال پس از فاجعهٔ آتشفشان اونزن، گروه دیگری از آتشفشان‌بانان به رهبری استنلی ویلیامز از دانشگاه آریزونا، به درون طوقهٔ یک آتشفشان فعال به نام گالراس در کلمبیا داخل شدند و از آن پایین رفتند. با وجود مرگ‌های رخ داده در سال‌های اخیر، فقط دو نفر از اعضای شانزده نفرهٔ گروه ویلیامز کلاه ایمنی بر سر داشتند یا به برخی وسایل ایمنی مجهز بودند. این کوه نیز فوران کرد و شش نفر از شانزده نفر را به اضافهٔ سه گردشگر که به دنبال آن‌ها آمده بودند کشت و نفرات باقیمانده از جمله خود ویلیامز را شدیداً زخمی کرد.

ویلیامز بعدها وقتی شنید که همکارانش در دنیای آتشفشان‌شناسی گفته‌اند که او علایم مهم لرزه شناختی را نادیده گرفته و به حساب نیاورده است، در کتابی خارق‌العاده و غیر انتقادی از خود به نام جان به در بردن از آتشفشان گالراس، چنین نوشت: «از شگفتی، فقط توانستم سرم را تکان دهم. چه آسان است حمله کردن پس از واقعه، به کار گرفتن اطلاعات کنونی در مورد وقایع سال ۱۹۹۳!» خودش معتقد بود که تقصیرش چیزی بیش از این است که در «تعیین زمان رفتار غیر قابل اطمینان کوه گالراس»، بخت با او یار نبوده است. «این چنین رفتاری معمولاً از نیروهای طبیعی سر می‌زند. من فریب خوردم، و به این دلیل مسئولیت خودم را خواهم پذیرفت. اما از بابت مرگ همکارانم خودم را مقصر نمی‌دانم. گناهی در میان نیست. فقط یک فوران انجام شد.»

اما بازگردیم به واشنگتن. کوه سنت هلن هزار و سیصد فوت از قله‌اش را از دست داد، به اضافهٔ ۲۳۰ مایل مربع جنگل که نابود شد. این مقدار درخت منفجر و نابوده شده برای ساختن ۱۵۰,۰۰۰ خانه (یا ۳۰۰,۰۰۰ خانه بر طبق برخی گزارش‌ها) کفایت می‌کرد. خسارت ناشی از این واقعه معادل دو میلیارد و هفتصد میلیون دلار برآورد شد. ستون غول‌آسایی از دود و خاکستر تا ارتفاع شصت هزار فوتی در کمتر از ده دقیقه به هوا برخاست. یک هواپیما که در فاصلهٔ سی مایلی

پرواز می‌کرد بارش و اصابت خرده سنگ به بدنهٔ هواپیما را گزارش داد.

نود دقیقه پس از انفجار، بارش خاکستر بر سراسر شهر پنجاه هزار نفری یاکیما در ایالت واشنگتن و در فاصلهٔ تقریبی ۸۰ مایلی آن آغاز شد. همچنان که انتظار می‌رفت خاکستر روز را به شب تبدیل کرد و در همه چیزی و همه جا داخل شد: موتورها، ژنراتورها و تجهیزات خاموش و روشن کنندهٔ برق را از کار انداخت، پیاده‌ها را به مرز خفگی رسانید، سیستم‌های تصفیهٔ فیلتری را مسدود کرد و به طور کلی، همه چیز را متوقف ساخت. فرودگاه تعطیل شد و بزرگراه‌های داخل و خارج از شهر نیز بسته شدند.

توجه داشته باشید که این همه فقط در مسیر باد آتشفشانی رخ می‌داد که غرش‌های تهدید کننده‌اش از حدود دو ماه قبل آغاز شده بود. با این حال، در شهر یاکیما هیچ‌گونه اقدامات اضطراری در مقابل آتشفشان پیش‌بینی نشده بود. سیستم اعلام حالت اضطراری شهر، که تصور می‌شد در صورت بروز بحران فعال شود، این واقعه را به اطلاع مردم نرسانید زیرا «کارمندان نوبت صبح یکشنبه با طرز کار تجهیزات آن آشنا نبودند.» شهر یاکیما سه روز تمام فلج شد و هرگونه ارتباط با دنیای پیرامون را از دست داد، فرودگاه شهر بسته شد و راه‌های دسترسی به آن غیرقابل عبور شد. بر روی هم، به دنبال فوران کوه سنت هلن، ضخامت خاکستر دریافتی توسط این شهر به پنج هشتم اینچ رسید. اکنون، لطفاً تصور کنید انفجار یلوستون چه بر سر اطرافیانش خواهد آورد.

# ۱۵ زیبای خطرناک

در دهۀ ۱۹۶۰ باب کریستیانسن از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحد آمریکا ضمن مطالعۀ تاریخچۀ آتشفشانی پارک ملی یلوستون، از یک نکته که تا آن زمان موجب دردسر کسی نشده بود سر در نمی‌آورد: نمی‌توانست آتشفشان این پارک را پیدا کند. از روزگاران کهن همه می‌دانستند که یلوستون ماهیتاً آتشفشانی است ــ علت وجود آن همه چشمۀ آب گرم، آبفشان و بخارهای خروجی از منطقه نیز همین بود ــ و از ویژگی‌های بارز آتشفشان‌ها نیز قابل مشاهده بودن آن‌ها است. ولی کریستیانسن نمی‌توانست قلۀ آتشفشانی یلوستون را در جایی پیدا کند. به ویژه، چیزی که نمی‌توانست پیدا کند، ساختاری بود که کالدرا (دهانۀ آتشفشانی) نامیده می‌شد.

اغلب مردم، وقتی صحبت از آتشفشان به میان می‌آید، قله‌های مخروطی شکل کوه‌هایی چون فوجی و انباشت ماگما در قالب یک کوه متقارن را به یاد می‌آورند. این گونه قله‌ها می‌توانند خیلی سریع تشکیل شوند. در سال ۱۹۴۳، در روستای پاریکوتین مکزیک، یک کشاورز ناگهان متوجه دودی شد که از نقطه‌ای در زمین متعلق به او به هوا بر می‌خاست. به فاصلۀ یک هفته، او صاحب شگفت زدۀ مخروطی به ارتفاع پانصد فوت شد. ارتفاع این مخروط در طی دو سال به حدود چهار هزار فوت و عرض آن به بیش از نیم مایل رسید. در کرۀ زمین، بر روی هم نزدیک به ده هزار قلۀ آتشفشان ناخوانده وجود دارد که جملگی آن‌ها بجز چند صد مورد، خاموش هستند. اما نوع دیگری از آتشفشان وجود دارد که چندان مشهور هم نیست، و آن آتشفشان فاقد سازۀ کوه مانند است. این‌ها آتشفشان‌هایی چنان انفجارآمیز هستند که در یک فوران قوی و تنها دهان باز

می‌کنند و یک گودال تو رفتهٔ پهناور پشت سر خود برجا می‌گذارند که کالدرا (*Caldera*، از ریشهٔ لاتینی *Cauldron* به معنی پاتیل یا دیگ) نامیده می‌شود. آتشفشان یلوستون نیز آشکارا از همین نوع اخیر بود، ولی کریستیانسن نمی‌توانست دهانهٔ آن را در جایی پیدا کند.

تصادفاً، همزمان با مطالعات او، سازمان ناسا نیز تصمیم گرفت چند دوربین عکسبرداری از ارتفاع بالا را با عکسبرداری از یلوستون آزمایش کند. برخی از مقامات خوش فکر این سازمان، نسخه‌هایی از عکس‌های گرفته شده را با این فرض که مقامات پارک ممکن است بخواهند آن‌ها را برای نمایش در یکی از مراکز بازدید کنندگان بزرگ کنند، به مقامات مذکور تحویل دادند. کریستیانسن به محض مشاهدهٔ این عکس‌ها متوجه شد که چرا نمی‌توانسته است کالدرای این آتشفشان را پیدا کند: عملاً کل این پارک با وسعت ۲/۲ میلیون ایکر، در حکم کالدرای آتشفشان یلوستون بوده است. انفجار، دهانه‌ای با پهنای بزرگتر از چهل مایل از خود برجا گذاشته بود ــ آن قدر بزرگ که مشاهدهٔ آن از هر نقطه‌ای در سطح زمین غیر ممکن بود. به احتمال قوی، یلوستون در روزگاران کهن با شدتی به‌مراتب بزرگتر از مقیاس‌های شناخته شده توسط انسان، منفجر شده بوده است.

بدین ترتیب، معلوم می‌شود که یلوستون یک اَبَر- آتشفشان است. این آتشفشان بر فراز یک نقطهٔ داغ بزرگ یا مخزنی حاوی سنگ مذاب نشسته است که دست کم از عمق ۱۲۵ مایلی زیرزمین روبه بالا می‌آید. گرمای حاصل از این نقطهٔ داغ، همان عاملی است که تمام بخارهای خروجی، چشمه‌های آب گرم، آبفشان‌ها، وگودال‌های گل و سنگ پر سرو صدا از آن ناشی می‌شود. در زیر این نقطه یک محفظهٔ حاوی ماگما به درازا و پهنای تقریبی چهل و پنج مایل ــ تقریباً همان ابعاد پارک ــ و ضخامت تقریبی هشت مایل در ضمیم‌ترین نقطه وجود دارد. اگر کپه‌ای از مادهٔ TNT را به اندازهٔ جزیرهٔ رود آیلند مجسم کنید که ارتفاعش از زمین به هشت مایل یعنی به ارتفاع تقریبی بالاترین ابرهای سیروس می‌رسد، متوجه خواهید شد که بازدید کنندگان از یلوستون به گرد چه چیزی گردش می‌کنند. فشاری که یک چنین مخزن پر از ماگما به پوستهٔ بالایی خود وارد می‌آورد باعث شده است که پارک ملی یلوستون و سیصد مایل از زمین‌های اطراف آن در حدود ۱۷۰۰ فوت از سطح عادی بالاتر باشند. اگر این مخزن

منفجر شود، فاجعهٔ ناشی از آن خارج از حد تصور خواهد بود. به گفتهٔ پروفسور بیل مک‌گایر از یونیورسیتی کالج لندن، در لحظات فوران این مخزن «کسی نمی‌تواند به محدوده هزار کیلومتری آن نزدیک شود.» پیامدهای چنین انفجاری، حتی از این هم بدتر و ناگوارتر است.

اَبَر-مخزن‌هایی از نوع آنچه یلوستون بر رویش قرار گرفته است تا حدودی به بطری‌های مشروب مارتینی شباهت دارند ــ نازک در جهت بالا، اما گسترده‌تر همزمان با نزدیک شدن به سطح، برای به وجود آوردن کاسه‌هایی پهناور پر از ماگمای ناپایدار. دهانهٔ برخی از این کاسه‌ها در برخی موارد به حدود ۱۲۰۰ مایل می‌رسد. بر طبق نظریه‌های زمین‌شناسی، فوران این کاسه‌ها نه همیشه به صورت انفجارآمیز بلکه گاهگاه و به صورت برون‌ریزی گسترده و دایمی ماگما ــ سیلابی از سنگ مذاب ــ انجام می‌شود، مانند آنچه در شصت و پنج میلیون سال پیش از این در تراپ‌های دکن در هند رخ داد (واژهٔ *trap* از ریشهٔ سوئدی به معنی نردبان یا پلکان است و در زمین‌شناسی به روی هم چیده شدن منظم و افقی روانه‌های گدازه‌ای یا شبه‌چینه‌ای گفته می‌شود.) این فوران‌ها منطقه‌ای به وسعت ۲۰۰,۰۰۰ مایل مربع را پوشاندند و پراکندگی انرژی زمین گرمایی و گازهای خروجی از آن‌ها به احتمال قوی موجب انقراض دایناسورها شد. اَبَر-مخزن‌ها ممکن است موجب ایجاد کافت‌ها یا شکاف‌هایی شوند که عامل شکستگی قاره‌ها شناخته شده‌اند.

تعداد این‌گونه مخزن‌ها آن قدرها هم که تصور می‌شود اندک نیست. امروزه در حدود سی مخزن ماگمای فعال در کرهٔ زمین وجود دارند که عامل پیدایش و شکل‌گیری برخی از معروف‌ترین جزایر و مجمع‌الجزایر جهان ــ ایسلند، هاوایی، جزایر آزور، قناری و مجمع الجزایر گالاپاگوس، پیتکرن کوچک در مرکز اقیانوس آرام جنوبی و بسیاری دیگر ــ به شمار می‌روند، اما غیر از یلوستون، جملگی در اقیانوس‌های جهان قرار دارند. هیچ کس کوچکترین اطلاعی از چگونگی یا چرایی پیدایش و شکل‌گیری یلوستون در زیر یک صفحهٔ قاره‌ای ندارد. فقط در دو مورد تردیدی نیست: یکی آنکه پوستهٔ زمین در یلوستون نازک است و دیگری آنکه دنیای زیر یلوستون داغ است. اما اینکه پوستهٔ زمین به علت وجود این نقطهٔ داغ نازک شده است یا اینکه نازکی پوستهٔ

زمین باعث داغی این نقطه شده است، طبق معمول موضوع مباحثات گرم میان دانشمندان است. قاره‌ای بودن پوسته در اینجا موجب تفاوتی بسیار بزرگ در فوران‌ها می‌شود. در مواردی که اَبَر- آتشفشان‌های دیگر دایماً در حال قل‌قل کردن و فوران کردن به شکلی نسبتاً بی‌خطر هستند، یلوستون به شکلی انفجارآمیز فوران می‌کند. این فوران به دفعات رخ نمی‌دهد، اما وقتی رخ دهد انسان‌ها دوست دارند از آن فاصله بگیرند.

یلوستون از نخستین فوران خود در ۱۶ میلیون و پانصد هزار سال پیش از این تاکنون نزدیک به صد بار دیگر منفجر شده است، اما سه انفجار اخیر آن از جمله انفجارهایی هستند که مطالب مکتوبی دربارهٔ آن‌ها وجود دارد. آخرین انفجار، هزار بار از انفجار کوه سنت هلن قوی‌تر بود؛ انفجاری که پیش از آن صورت گرفت ۲۸۰ برابر انفجار آن کوه بود و انفجار نخست به قدری بزرگ و شدید بود که هیچ کس چیزی دربارهٔ ابعاد واقعی آن نمی‌داند. این انفجار، دست کم دو هزار و پانصد بار از انفجار سنت هلن بزرگتر بود، اما ابعاد آن احتمالاً هشت هزار برابر ابعاد انفجار آن کوه بود.

برای مقایسهٔ آن انفجار، مطلقاً هیچ چیزی در اختیار نداریم. بزرگترین انفجار در سده‌های اخیر، انفجار آتشفشان کراکاتائو در اندونزی در ماه اوت سال ۱۸۸۳ بود که بازتاب صدای انفجارش تا نُه روز بعد در سراسر جهان شنیده می‌شد و دامنهٔ حرکتی که در آب‌های جهان پدید آورد تا دریای مانش رسید. اما اگر حجم مواد خارج شده از آتشفشان کراکاتائو را به اندازهٔ حجم یک توپ گلف در نظر آورید، حجم مواد حاصل از بزرگترین انفجار از میان انفجارهای یلوستون به اندازهٔ یک کرهٔ بزرگ می‌رسد که به سختی می‌توان آن را در پشت یک نفر پنهان کرد. با یک چنین مقیاسی، حجم مواد حاصل از انفجار سنت هلن از حجم یک نخود بزرگ‌تر نیست.

فوران یلوستون در دو میلیون سال پیش از این به قدری خاکستر با خود بیرون داد که توانست ایالت نیویورک را تا عمق شصت و هشت فوت یا ایالت کالیفرنیا را تا عمق بیست فوت در زیر خود مدفون سازد. این همان خاکستری بود که بسترهای فسیلی مایک وورهیز در نبراسکا را به وجود آورد. آن انفجار در جایی رخ داد که امروزه آیداهو در آن واقع شده است، ولی پوستهٔ زمین در طی میلیون‌ها سال و با سرعت تقریبی یک اینچ در سال، چنان بر روی آن حرکت کرده

است که امروزه در زیر شمال غربی وایومینگ قرار دارد (خود نقطهٔ داغ، مانند مشعل استیلنی که رو به سقف گرفته شده باشد، در یک جا ثابت می‌ماند.) به دنبال این فوران، انواعی از دشت‌های غنی آتشفشانی بر جای می‌مانند که برای کشت سیب زمینی مناسب هستند، همچنان که کشاورزان آیداهو از سال‌ها پیش دریافته‌اند. زمین‌شناسان گاهی شوخی‌کنان می‌گویند یلوستون در یک دورهٔ دو میلیون سالهٔ دیگر به تولید سیب زمینی سرخ کرده برای فروشگاه‌های مک‌دونالد روی خواهد آورد و اهالی بیلینگز در ایالت مونتانا نیز در اطراف چشمه‌های آبگرم و آتشفشان‌ها به گشت و گذار خواهند پرداخت.

ریزش خاکستر حاصل از آخرین فوران یلوستون، تمام یا بخش‌هایی از نوزده ایالت غربی (به اضافهٔ بخش‌هایی از کانادا و مکزیک) ــ تقریباً سراسر ایالت‌های واقع در غرب میسی سیپی ــ را در زیر خود مدفون ساخت. تصور کنید که این همان منطقهٔ غله‌خیز یا انبار غلهٔ ایالات آمریکا و منطقه‌ای است که تقریباً نیمی از غلات جهان را تولید می‌کند. در اینجا لازم به یادآوری است که خاکستر چیزی مانند برف نیست که در زمستان ببارد و در بهاران آب شود. اگر مجدداً به جایی برای کشت محصولات دیگری نیاز داشته باشید باید زمینی را پیدا کنید و این همه خاکستر را به آنجا انتقال دهید. تخلیه کردن و پاک‌سازی ۱/۸ میلیارد تن زبالهٔ فروریخته در منطقهٔ شانزده ایکری ساختگاه مرکز تجارت جهانی در نیویورک، مستلزم کار هزاران کارگر در یک دورهٔ هشت ماهه بود. حالا تصویر کنید به چه مدت زمانی نیاز خواهد بود اگر قرار باشد کانساس پاک‌سازی و تخلیه شود.

البته آنچه گفته شد بدون توجه به پیامدهای اقلیمی و تأثیر این واقعه در آب و هوا بود. آخرین فوران اَبَر-آتشفشان کرهٔ زمین، هفتاد و چهار هزار سال پیش از این در دریاچهٔ توبا واقع در شمال جزیرهٔ سوماترا رخ داد. هیچ کس غیر از غول‌آسا بودن ابعاد آن، اطلاع دقیقی از بزرگی آن ندارد. از بررسی هسته‌های یخ‌های گرینلند چنین استنباط می‌شود که به دنبال انفجار توبا یک «زمستان آتشفشانی» به طول دست کم ۶۰ سال آغاز شد و خدا می‌داند پس از آن کشاورزان چند سال با کاهش محصولات کشاورزی مواجه شدند. می‌گویند این واقعه، بشریت را تا لبهٔ انهدام و انقراض پیش برد و تعداد انسان‌های زنده را به چیزی در حدود چند هزار نفر کاهش داد. این بدان معنی است که کل انسان‌های

امروزی از دل یک پایگاه کوچک جمعیت برخاسته‌اند و به همین علت است که از تنوع ژنتیکی برخودار نیستند. به هر حال، مدارکی در دست است که نشان می‌دهد کل تعداد انسان‌های روی زمین تا بیست هزار سال پس از آن واقعه، هیچ‌گاه در یک زمان واحد از چند هزار نفر تجاوز نکرد. بدون تردید، این بدان معنی است که برای خارج شدن از پیامدهای هر انفجار آتشفشانی به مدت زمانی بس طولانی نیاز است.

تا سال ۱۹۷۳ که واقعه‌ای ناگهانی و هشدار دهنده رخ داد، هر آنچه گفته شد، از لحاظ فرضیه‌ای، بسیار جالب بود: آب دریاچهٔ یلوستون در قلب پارک، از لبه‌های منتها الیه جنوبی آن سرریز کرد و چمنزار مجاور را در خود غرق کرد اما در سمت مقابل، آب دریاچه به شکلی اسرارآمیز به بیرون جریان پیدا کرد و از آن خارج شد. زمین شناسان، مطالعه‌ای شتابزده به عمل آوردند و متوجه شدند که برآمدگی نگران کننده‌ای در بخش بزرگی از پارک ایجاد شده است. این برآمدگی باعث بالا آمدن یک انتهای دریاچه و خارج شدن آب از انتهای دیگر می‌شد، درست مانند موقعی که یک طرف استخر متحرک بچه‌ها را می‌گیرید و بلند می‌کنید. تا سال ۱۹۸۴ کل بخش مرکزی پارک ــ به وسعت ده‌ها مایل مربع ــ در مقایسه با سال ۱۹۲۴ که آخرین نقشه‌برداری رسمی در پارک به عمل آمد، بیش از سه فوت بالا آمده بود. سپس در سال ۱۹۸۵ بخش مرکزی پارک معادل هشت اینچ فرونشست. اکنون به نظر می‌رسد که بخش مزبور مجدداً در حال متورم شدن و بالا آمدن باشد.

زمین شناسان دریافتند که این تغییر ممکن است فقط یک علت داشته باشد ــ و آن وجود یک محفظهٔ پر از ماگمای بی‌قرار است. پارک یلوستون نه محل قدیمی یک اَبَر- آتشفشان بلکه محل قدیمی یک آتشفشان فعال بود. تقریباً در همین زمان بود که زمین شناسان توانستند چرخهٔ فوران‌های یلوستون را تشخیص دهند و اعلام کنند که یلوستون تقریباً هر ۶۰۰,۰۰۰ سال یک بار یک ضربهٔ عظیم وارد می‌کند. نکتهٔ جالب توجه اینجاست که آخرین ضربهٔ بزرگ آن ۶۳۰,۰۰۰ سال پیش وارد شده بود. به نظر می‌رسد که یلوستون می‌خواهد در زمان مقرر عمل کند.

پل داس زمین‌شناس پارک ملی یلوستون، بلافاصله پس از پایین آمدن از موتور سیکلت عظیم هارلی ـ دیویدسن و دست تکان دادن برای من به هنگام ملاقات با یکدیگر در چشمه‌های آبگرم ماموت در یکی از صبح‌های دوست داشتنی ماه ژوئن، گفت: «شاید هیچ همچو احساسی نداشته باشید، ولی حتماً می‌دانید که روی یکی از فعال‌ترین آتشفشان‌های جهان ایستاده‌اید.» داس از بومیان ایالت ایندیانا است، انسانی دوست داشتنی و خوش گفتار و بی‌نهایت اندیشمند است و هیچ شباهتی به کارکنان پارک ملی یلوستون ندارد. ریشی جو گندمی دارد و موی سرش را از پشت بسته و به شکل یک دم اسب درآورده است. یک گوشوارهٔ بزرگ سوزنی به رنگ آبی روشن، زینت بخش یکی از گوش‌های او است. برآمدگی شکم‌اش اندکی به یونیفورم اتو کشیدهٔ مخصوص سازمان پارک فشار می‌آورد. بیش از آنکه به کارمند دولت شباهت داشته باشد ظاهری همانند نوازندگان موسیقی بلوز دارد. عملاً نیز با موسیقی بلوز (هارمونیکا) آشنایی دارد. ولی تردیدی نیست که با زمین‌شناسی آشناست و آن را دوست دارد. بلافاصله پس از آنکه هر دو در اتومبیل دو دیفرانسیل سرحال اما درب داغانش می‌نشینیم و در جهت کلی اولد فیتفول به راه می‌افتیم، رو به من می‌کند و می‌گوید: «من بهترین نقطهٔ جهان را برای کار کردن در اختیار دارم.» قبول کرده است که یک روز تمام در حالی که به کارهای روزمرهٔ یک زمین‌شناس پارک یلوستون رسیدگی می‌کند من نیز همراهش باشم. نخستین مأموریت امروزش عبارت است از ایراد یک سخنرانی برای آشنا سازی گروه جدیداً استخدام شده‌ای از راهنماهای گردشگران.

گمان نمی‌کنیم نیازی به گفتن داشته باشد که یلوستون، از هر جهت یک پارک زیباست، کوه‌های چاقالو و با شکوه، چمنزارهایی با بیزون (گاومیش)های پراکنده، جویبارهای خروشان، دریاچه‌ای به رنگ نیلگون آسمان، و جانورانی برون از شمار دارد. داس می‌گوید: «آدم اگر زمین‌شناس باشد، حقیقتاً نمی‌تواند جایی بهتر از این پیدا کند. در برتوت گپ سنگ‌هایی با قدمت تقریبی سه میلیارد سال ـ سه چهارم از آغاز عمر زمین ـ و پس از آن این همه چشمهٔ آب معدنی در اینجا ـ به چشمه‌های آب گرم گوگردی اشاره می‌کند که نام دریاچهٔ ماموت نیز از آن گرفته می‌شود ـ در اختیار دارم، که می‌توان زایش سنگ‌ها را مستقیماً مشاهده کرد. و در

حد فاصل بین اینها هر آن چیزی که در تصور آید یافت می‌شود. هیچ‌گاه در جایی که زمین‌شناسی با چنین وضوح یا شکوهی در معرض دید باشد حضور نداشته‌ام.»

می‌گویم: «بدین ترتیب، دوستش داری؟»

با صمیمیتی قلبی می‌گوید: «دوست داشتن که چه عرض کنم، عاشقش هستم یعنی به تمام معنی عاشقش هستم. زمستان در اینجا بودن خیلی سخت است و حقوق ناچیز، اما وقتی خوب است، خوب است دیگر.»

خودش حرفش را برید تا به شکافی بزرگ و دور دست در رشته‌کوهی در سمت غرب پارک اشاره کند که پس از عبور از یک بلندی در برابرمان ظاهر شده است. گفت، این کوه‌ها گالاتینز نام داشتند. «آن شکاف شصت یا شاید هم هفتاد مایل پهنا دارد. مدت‌های طولانی، کسی نمی‌دانست چرا چنین شکافی در آنجا به وجود آمده است، تا آنکه باب کریستیانسن متوجه شد که علت پیدایش آن فقط منفجر شدن کوه‌ها بوده است. وقتی می‌بینید شصت مایل کوه در یک آن از میان رفته است متوجه می‌شوید که با چیزی حقیقتاً پر قدرت روبرو هستید. محاسبه و معلوم کردن این انفجار شش سال از عمر کریستیانسن را به خود اختصاص داد.»

پرسیدم، آن زمان چه علتی موجب انفجار یلوستون شد.

«نمی‌دانم، هیچ کس نمی‌داند. آتشفشان‌ها چیزهای غریبی هستند. راستش را بخواهید ما چنان که باید و شاید آن‌ها را نمی‌شناسیم. آتشفشان وزویوس سیصد سال فعال بود تا آنکه در سال ۱۹۲۴ دست از فعالیت کشید. از آن زمان تاکنون، این کوه آرام بوده است. برخی از آتشفشان شناسان معتقدند که وزویوس شدیداً در حال باردار شدن است، که همین موجب نگرانی می‌شود زیرا دو میلیون انسان در روی آن یا در پیرامون آن زندگی می‌کنند. اما کسی چیزی نمی‌داند.»

«اگر یلوستون بخواهد دست به فعالیت بزند و منفجر شود به چه مدت زمانی برای هشدار نیاز خواهید داشت؟»

شانه‌اش را بالا انداخت. «آخرین باری که یلوستون منفجر شد کسی در اطرافش زندگی نمی‌کرد، به همین علت کسی نمی‌داند علامت‌های هشدار آن چیست. احتمالاً ده‌ها زمین لرزه رخ خواهد داد و زمین در برخی نقاط برآمدگی پیدا خواهد کرد و به احتمال زیاد در الگوی رفتار چشمه‌های آبگرم و آبفشان‌ها و بخارهای خروجی از زیرزمین نیز تغییراتی رخ خواهد داد، اما کسی واقعاً چیزی نمی‌داند.»

«بدین ترتیب، یلوستون بدون هیچ اخطاری منفجر می‌شود؟»

سرش را اندیشمندانه تکان داد. بر توضیحاتش افزود: مسأله اینجاست که تقریباً کل آن تغییراتی که به معنی علایم هشدار تلقی می‌شوند در حال حاضر تا حدودی در یلوستون وجود دارند و مشاهده می‌شوند. «پیش از آغاز فوران‌های آتشفشانی، زمین لرزه به تعداد زیاد رخ می‌دهد، اما تعداد زمین لرزه‌های این پارک در حال حاضر خیلی زیاد است ــ هر سال دست کم ۱۲۶۰ زمین لرزه. اغلب این زمین لرزه‌ها به قدری کوچکند که وقوع‌شان احساس نمی‌شود، اما به هر حال زمین لرزه‌اند.»

گفت تغییر در الگوی فوران‌های آبفشانی را نیز می‌توان یک سرنخ دانست، اما این فوران‌ها نیز به طرزی غیر قابل پیش‌بینی تغییر پیدا می‌کنند. یک زمانی معروف‌ترین چشمهٔ آبفشانی پارک، آبفشان اکسلسیور بود. این چشمه به شکلی منظم و تماشایی تا ارتفاع سیصد فوت فوران می‌کرد اما در سال ۱۸۸۸ ناگهان از فوران باز ایستاد. سپس در سال ۱۹۸۵ دوباره فعال شد و فوران کرد، اما این بار تا ارتفاع هشتاد فوت. داس می‌گوید: «اگر امروز یک بار و بار دیگر هفتهٔ آینده منفجر شود، از اینجا به هیچ وجه نمی‌توان پی برد که هفتهٔ پس از آن یا به دنبال آن هفتهٔ آخر یا پس از بیست سال از این تاریخ چه رفتاری از آن سر خواهد زد. سراسر این پارک به قدری متغیر و بی‌ثبات است که بر اساس آنچه عملاً رخ می‌دهد نمی‌توان به هیچ نتیجه‌گیری قطعی رسید.»

تخلیهٔ یلوستون، هیچ‌گاه آسان نیست. هر سال چیزی در حدود سه میلیون نفر از این پارک بازدید می‌کنند، آن هم غالباً در سه ماه پر ازدحام تابستان. تعداد نسبتاً اندکی جاده در پارک وجود دارند که عمداً باریک نگه داشته می‌شوند بخشی برای کُند کردن رفت و آمد وسایل نقلیه و بخشی هم برای حفظ منظره‌های طبیعی پارک و محدودیت‌های توپوگرافیک آن. در اوج تابستان، عبور از سراسر پارک در یک نیم روز و رسیدن به هر نقطه‌ای از آن در چند ساعت امکان‌پذیر است.

داس می‌گوید: «مردم به محض رویارو شدن با جانوران، درجا می‌ایستند. گاهی جاده‌ها بر اثر عبور خرس‌ها بسته می‌شوند. گاهی هم راه‌بندان گرگ داریم.»

در پاییز سال ۲۰۰۰، نمایندگانی از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحد آمریکا و ادارهٔ پارک‌های ملی به همراه تعدادی از استادان دانشگاه‌ها، جلسه‌ای تشکیل دادند و تشکیلاتی به نام رصدخانهٔ آتشفشانی یلوستون به وجود آوردند. چنین تشکیلاتی در چهار مورد ــ هاوایی، کالیفرنیا، آلاسکا، و واشنگتن ــ از قبل نیز وجود داشت، اما هیچ یک در بزرگترین منطقهٔ آتشفشانی جهان واقع نشده بود. رصدخانهٔ آتشفشانی یلوستون، نه یک تشکیلات واقعاً موجود بلکه یک اندیشه است ــ توافق برای هماهنگ سازی تلاش‌ها برای مطالعه و تحلیل زمین‌شناسی متنوع این پارک. داس می‌گفت یکی از نخستین وظایف این رصدخانه‌ها «تهیهٔ یک نقشهٔ خطرات زمین لرزه و آتشفشان» ــ برنامهٔ اقدام در صورت بروز بحران ــ بود.

گفتم: «آیا چنین چیزی در حال حاضر وجود ندارد؟»

«نه، گمان نمی‌کنم وجود داشته باشد. اما به زودی وجود خواهد داشت.»

«آیا در این کار تأخیر نشده است؟»

خنده‌ای بر لب آورد و گفت: «خوب، حالا بیایید بگوییم برای این کار، خیلی هم زود نیست.»

به محض آن‌که چنین برنامه‌ای تهیه شود، قرار است سه نفر ــ کریستیانسن در پارک منلو از ایالت کالیفرنیا، پروفسور رابرت ب. اسمیت در دانشگاه یوتا، و داس در این پارک ــ درجهٔ خطرات نهفته در هر فاجعهٔ بالقوه را ارزیابی کنند و به سرپرست پارک گزارش دهند. سرپرست، دربارهٔ تخلیه یا عدم تخلیهٔ پارک تصمیم می‌گیرد. اگر قرار باشد انفجاری حقیقتاً بزرگ در یلوستون روی دهد، هر کسی به محض آنکه پایش را از دروازهٔ پارک بیرون بگذارد صاحب اختیار خودش خواهد بود.

البته تا چنان انفجاری ممکن است ده‌ها هزار سال باقی مانده باشد. داس معتقد است که چنین روزی ممکن است هیچ‌گاه از راه نرسد. او می‌گوید: «مدارکی وجود دارد که نشان می‌دهد این الگوی رفتار ممکن است به صورت یک رشته انفجارهای فاجعه‌آمیز بروز کند و به دنبال آن یک دورهٔ سکوت بیاید. در حال حاضر، ممکن است ما در یک چنین دوره‌ای باشیم. مدرک ما در حال حاضر از این قرار است که بخش بزرگی از مخزن ماگمای یلوستون در حال سرد شدن و تبدیل به بلور شدن است. این مخزن، مواد فرار خود را آزاد می‌کند؛ برای آنکه یک فوران انفجارآمیز رخ دهد، باید این‌گونه مواد فرار در جایی محبوس شوند.»

در ضمن، در داخل و اطراف یلوستون نیز همچنان که در واقعهٔ ویرانگر شب ۱۷ اوت ۱۹۵۹ و در نقطه‌ای به نام هبگن لیک در مرز خروج از پارک آشکار شد، انواع تغییرات دیگر در جریان وقوع است. آن روز، بیست دقیقه پیش از نیم شب، زمین لرزه‌ای ویرانگر در هبگن لیک رخ داد. بزرگی آن زمین لرزه ۷/۵ درجه در مقیاس ریشتر بود، گستردگی‌اش مانند زمین لرزه‌های دیگر نبود، اما چنان ناگهانی و پیچیده بود که یک یال کوه را تماماً فروریخت. این واقعه در اوج گرمای فصل تابستان رخ داد، هرچند خوشبختانه تعداد بازدیدکنندگان از یلوستون در آن روزها به این زیادی نبود. هشتاد میلیون تن تودهٔ سنگ با سرعت بیش از صد مایل در ساعت، ناگهان از پهلوی کوه سرازیر شد و با چنان نیرو و شتابی به حرکت درآمد که لبهٔ جلویی این زمین لغزه به اندازهٔ چهارصد فوت از طرف دیگر دره بالاتر رفت. بخشی از منطقهٔ راک کریک که مخصوص نصب چادرهای گردشگران است در مسیر این تودهٔ به حرکت درآمده واقع شده بود. در آنجا بیست و هشت گردشگر داخل چادرها جان‌شان را از دست دادند، و نوزده نفرشان چنان در اعماق خاک و سنگ دفن شدند که جسدهای‌شان را بعدها نیز کسی نتوانست پیدا کند. ویرانی بسیار سریع ولی به طرز تأسف‌آوری غیرمنتظره بود. سه برادر که در داخل یک چادر خوابیده بودند هیچ آسیبی ندیدند. پدر و مادر آن‌ها که در چادر دیگری در کنار آن‌ها خوابیده بودند با تودهٔ خاک و سنگ از جا کنده شدند و دیگر کسی اثری از آن‌ها ندید.

داس گفت: «یک زمین لرزهٔ بزرگ ــ به معنی واقعی کلمه ــ روزی رخ خواهد داد. این را باید به حساب آورد و جدی تلقی کرد. در اینجا یک منطقهٔ بزرگ گسلی و لرزه‌خیز وجود دارد.»

علیرغم زمین لرزهٔ دریاچهٔ هبگن و وجود دیگر خطرات شناخته شده، تا دههٔ ۱۹۷۰ هیچ‌گونه لرزه‌سنج دایمی در یلوستون نصب نشده بود.

اگر کسی نیازمند پیدا کردن راهی برای درک بزرگی و اجتناب ناپذیری فرآیندهای زمین شناختی باشد بهترین کار آن است که به مطالعهٔ کوه‌های تتون بپردازد که جزیی از رشته کوهی بلند و ناهموار در جنوب پارک ملی یلوستون هستند. این

کوه‌ها تا ۹ میلیون سال پیش در اینجا وجود نداشتند. زمین اطراف منطقهٔ جکسن هول، یک دست سر سبز بود. اما در آن زمان یک گسل به طول چهل مایل از درون زمین دهان گشود و از آن تاریخ تاکنون هر نهصد سال یک بار یک زمین لرزهٔ حقیقتاً بزرگ در این کوه‌ها رخ می‌دهد که برای افزودن مقداری معادل شش فوت بر ارتفاع آن‌ها کفایت می‌کند. همین تکان‌های مکرر در طی سده‌های متوالی است که موجب شده است ارتفاع کوه‌ها به چند هزار فوت کنونی برسد.

رقم نهصد سالی که گفته شد، یک حد متوسط و قدری نیز گمراه کننده است. به گفتهٔ رابرت ب. اسمیت و لی ج. زیگل در کتاب پنجره‌هایی به درون زمین (*Windows into the Earth*)، که در قالب تاریخچهٔ زمین‌شناختی این منطقه به نگارش در آمده است، آخرین لرزهٔ بزرگ کوه‌های تتون نزدیک به پنج هزار و هفت هزار سال پیش از این رخ داد. خلاصهٔ سخن آنکه کوه‌های تتون، در منطقه‌ای واقع شده‌اند که زلزلهٔ آن بیش از هر نقطه‌ای در جهان به تأخیر افتاده است.

انفجارهای گرمابی (هیدروترمال) نیز در ردیف خطرهای بزرگ قرار دارند. این انفجارها می‌توانند در هر زمان و در هر مکانی رخ دهند و به هیچ وجه نیز قابل پیش‌بینی نیستند. پس از آنکه از تماشای انفجار آبفشان اولد فیتفول بر می‌گشتیم به من گفت: «می‌دانی، طراحی بازدیدها طوری است که ما همهٔ گردشگران را به سوی حوزه‌های گرمابی هدایت می‌کنیم. آیا می‌دانستی که تعداد آبفشان‌ها و چشمه‌های آب گرم یلوستون در مقایسه با آنچه در سراسر جهان وجود دارد بیشتر است؟»

«نه، نمی‌دانستم.»

سرش را تکان داد و گفت: «ده هزار آتشفشان و چشمه آب گرم داریم، و خدا می‌داند کی مجرای باریک دیگری گشوده خواهد شد.» از آنجا رفتیم به کنار دریاچهٔ داک، که طولش به حدود صد یارد می‌رسد. داس گفت: «این دریاچه، ظاهراً بی‌خطر به نظر می‌رسد. چیزی جز یک استخر بزرگ نیست. اما همین گودال بزرگ پیش از این در اینجا وجود نداشت. اینجا، نزدیک پانزده هزار سال پیش، یک انفجار حقیقتاً بزرگ رخ داد. در این واقعه، چند ده میلیون تن خاک و سنگ و آب فراتافته با سرعت ماورای صوت به هوا برخاست. حال تصور کنید اگر چنین انفجاری در زیر پارکینگ آبفشان اولد فیتفول یا یکی دیگر از مراکز

گردشگری رخ دهد چه می‌شود.» اندوهی ناگوار چهره‌اش را پوشاند.

«آیا علامت هشدار دهنده‌ای وجود دارد؟»

«احتمالاً نه. آخرین انفجار بزرگ این پارک در نقطه‌ای به نام آبفشان پورک چوپ در سال ۱۹۸۹ رخ داد. این انفجار، دهانه‌ای به قطر پنج متر از خود برجا گذاشت ــ که خیلی بزرگ نیست، اما اگر کسی همان لحظه در آنجا می‌بود، می‌توانست بسیار خطرناک باشد. به فاصلهٔ یک مایل از این نقطه، انفجارهایی در روزگار باستان رخ داده است که گودال‌های ناشی از آن‌ها هنوز هم دیده می‌شوند. اما هیچ کس نمی‌تواند بگوید انفجار بعدی در چه زمانی یا در کدام نقطه رخ خواهد داد. فقط باید امیدوار بود که وقتی انفجار رخ می‌دهد کسی در آن نقطه نایستاده باشد.»

ریزش‌های بزرگ تودهٔ سنگ و خاک نیز از جملهٔ خطرها به شمار می‌روند. در سال ۱۹۹۹ یک ریزش بزرگ سنگ و خاک در گاردینر کنیون رخ داد، که خوشبختانه این بار نیز کسی در آنجا نبود و به کسی آسیبی نرسید. در آخرین ساعات غروب، من و داس در نقطه‌ای که تکه سنگی برآمده بر روی جادهٔ پر رفت و آمد پارک سایه انداخته بود ایستادیم. ترک‌های این تکه سنگ به خوبی دیده می‌شدند. داس اندیشمندانه گفت: «هر زمانی ممکن است سقوط کند.»

گفتم: «شوخی می‌کنی!» هیچ لحظه‌ای نبود که در آن دست کم دو اتومبیل از زیر تخته سنگ نگذرند یا گردشگران شاد و سرخوش در زیرش گرد نیامده باشند.

داس ادامه داد: «نه، چنین احتمالی وجود ندارد. گفتم ممکن است سقوط کند. به همان اندازه نیز ممکن است تا چندین دههٔ بعد از جایش تکان نخورد. هیچ چیز به کسی گفته نمی‌شود. مردم باید قبول کنند که وقتی به این پارک می‌آیند خطر در کمین‌شان است. جز این چیزی یا خبری نیست.»

در حالی که به طرف اتومبیل داس بر می‌گشتیم تا به محل چشمه‌های آب گرم ماموت برویم، داس افزود: «اما نکتهٔ جالب اینجاست که حادثهٔ ناگوار در اغلب موارد رخ نمی‌دهد. تخته سنگ‌ها سقوط نمی‌کنند. زمین لرزه رخ نمی‌دهد. شکاف‌های جدید ناگهان دهان باز نمی‌کنند. این پارک علیرغم تمام ناپایداری‌هایش، غالباً به طرز چشمگیر و حیرت‌انگیزی آرام و بی‌حادثه است.»

گفتم: «مثل خود کرهٔ زمین.»

تاییدکنان گفت: «درست گفتی.»

خطرهای موجود در پارک یلوستون به یک اندازه در کمین کارکنان و بازدیدکنان است. پنج سال پیش که داس تازه در اینجا مشغول کار شد، از نخستین هفتهٔ کارش با احساسی هراس‌آمیز یاد می‌کند. در آخرین ساعات پیش از نیم شب، سه کارمند جوان فصل تابستان به یک کار غیر قانونی دست زدند که در اینجا «توی فر پختن» ـ شنا کردن یا دراز کشیدن در استخرهای آب گرم ـ نامیده می‌شود. با آنکه به دلایل خاص، چیزی در آگهی‌های پارک در این مورد گفته نمی‌شود، آب همهٔ استخرها و حوضچه‌های یلوستون تا حد خطرناک داغ نیست. آب برخی از آن‌ها به قدری ملایم است که افراد دوست دارند در آن درازکش کنند، و شیرجه رفتن در این گونه استخرها نیز جزو عادات قدیمی برخی از کارمندان تابستانی پارک بود، هرچند این کار با مقررات پارک مغایرت داشت. سه کارمند جوانی که اشاره کردم، حماقت به خرج داده بودند و بدون همراه داشتن چراغ قوه دست به چنان کاری زده بودند. علت خطرناک بودن این کار آن است که بیشترین بخش خاک‌های اطراف استخرهای آب گرم به شکل ورقه‌های نازک و شکننده درآمده‌اند و باعث فرو رفتن در زیر پای افراد و فرو رفتن آن‌ها در شکاف‌های باریک دهان گشوده در زیر آن‌ها می‌شوند. هنگامی که سه کارمند برای استراحت به خوابگاه برمی‌گشتند، به جوی آبی رسیدند که پیش از این همیشه از روی آن می‌پریدند. هر سه چند قدم به عقب رفتند، دست‌های یکدیگر را گرفتند، و به شمارهٔ ۳ از روی جوی آب پریدند. اما اینجا جوی آبی در کار نبود، بلکه آن‌ها به یک استخر پر از آب جوشان رسیده بودند. در تاریکی، نتوانسته بودند آن را درست تشخیص دهند. هر سه نفر با این پرش جان خود را از دست دادند.

صبح روز بعد همچنان که در راه خارج شدن از پارک پیش می‌رفتم و سری هم به نقطهٔ دیگری از پارک به نام استخر زمرد در حوضچهٔ آبفشان علیا زدم، دربارهٔ این حادثه می‌اندیشیدم. روز قبل، داس وقت نداشت که مرا به اینجا نیز ببرد، ولی من پیش خودم فکر کردم بد نیست دست کم نگاهی به آن بیندازم، چون استخر زمرد از نقاط تاریخی این پارک است.

در سال ۱۹۶۵ یک گروه دو نفره متشکل از یک زن و شوهر زیست شناس به نام‌های تامس و لوییز براک، در ضمن انجام یک برنامهٔ مطالعات تابستانی، به کاری دیوانه‌وار دست زده بودند. مقداری از کف رویهٔ زرد متمایل به قهوه‌ای انباشته شده در کناره‌های استخر را با قاشق برداشتند تا از لحاظ وجود آثار حیات آزمایش کنند. آنچه موجب شگفتی این دو و نهایتاً موجب شگفتی جهانیان شد این بود که معلوم شد مایع مذکور پر از میکرب‌های زنده است. آن‌ها نخستین اکسترموفیل‌ها یا اندامواره‌هایی را پیدا کردند که می‌توانستند در آبی زندگی کنند که قبلاً تصور می‌شد به علت شدیداً داغ یا اسیدی یا گوگردی بودن، فاقد هرگونه موجود زنده است. استخر زمرد، با شگفتی تمام، پر از این موجودات زنده بود. با این حال، دست کم دو نوع موجود زنده به نام‌های سولفولوبوس اسیدوکالداریوس و ترموفیلوس آکواتیکوس، آن را به حال خود مساعد یافتند. دانشمندان همیشه چنین فرض کرده بودند که هیچ موجود زنده‌ای نمی‌تواند در دماهای بالاتر از ۵۰ درجهٔ سانتیگراد (۱۲۲ درجهٔ فارنهایت) زنده بماند، اما در اینجا موجوداتی در آب‌های نامطبوع و اسیدی که دمایی دو برابر دمای بالا داشتند زندگی می‌کردند.

تاحدود بیست سال بعد، یکی از دو باکتری کشف شده توسط براک‌ها یعنی ترموفیلوس آکواتیکوس، همچنان از ناشناخته‌های آزمایشگاهی به شمار می‌رفت تا آنکه دانشمندی به نام کری ب. مالیس در کالیفرنیا متوجه شد که از آنزیم‌های مقاوم در برابر گرما در درون این باکتری می‌توان برای نوعی اعجازگری شیمیایی به نام پولیمراز یا واکنش زنجیره‌ای استفاده کرد که به دانشمندان امکان می‌دهد از مقدار اندکی DNA ـ در شرایط مطلوب، به اندازهٔ یک مولکول ـ به مقادیر انبوهی از DNA دست پیدا کنند. این کار نوعی عکسبرداری یا تکثیر ژنتیکی است، و بعدها شالودهٔ کل علم ژنتیک را از مطالعات دانشگاهی گرفته تا تحقیقات پلیس در پزشکی قانونی، تشکیل داد. این کشف، جایزهٔ نوبل رشتهٔ شیمی را در سال ۱۹۹۳ نصیب مالیس کرد.

در این ضمن، دانشمندان توانسته بودند میکرب‌هایی جان سخت‌تر از آن را نیز کشف کنند که هیپرترموفیل‌ها نامیده می‌شوند و برای زنده ماندن به دمای ۸۰ درجهٔ سانتیگراد یا بیشتر نیاز دارند. گرما ـ زی‌ترین اندامورهٔ یافت شده تا این تاریخ به گفتهٔ فرانسیس اشکرافت در کتاب زندگی در سخت‌ترین شرایط، موجودی

است به نام پیرولوبوس فوماری (*Pyrolobus fumarii*) که در دیواره‌های شکاف‌های باریک اقیانوس‌ها زندگی می‌کند. دمای این شکاف‌ها گاهی به ۱۱۳ درجهٔ سانتیگراد (۲۳۵/۴ درجهٔ فارنهایت) می‌رسد. گفته می‌شود بالاترین حد دمای قابل تحمل برای حیات، چیزی در حدود ۱۲۰ درجهٔ سانتیگراد (۲۴۸ درجهٔ فارنهایت) باشد، هرچند چنین چیزی تاکنون بر کسی اثبات نشده است. به هر حال کشف براک‌ها موجب تغییر اساسی در شناخت و ادراک دنیای موجودات زنده توسط انسان گردید. به گفتهٔ جی برگسترال از دانشمندان سازمان ناسا: «ما به هر جایی از کرهٔ زمین که گام نهیم ـ حتی به درون جاهایی که خصمانه‌ترین محیط‌ها برای حیات به شمار می‌روند ـ تا زمانی که آب مایع و نوعی منبع انرژی شیمیایی وجود داشته باشد، آثار حیات وجود دارد.»

از اینجا چنین استنباط می‌شود که حیات زیرک‌تر و سازگاری پذیرتر از آن است که تاکنون تصور می‌شده است. این یک امتیاز بسیار با ارزش است، زیرا همچنان که در فصل‌های بعد خواهیم دید ما در جهانی به سر می‌بریم که بر روی هم به نظر نمی‌رسد که نیازی به حضور ما در خود داشته باشد.

# بخش ۵ از کائنات تا حیات

هرچه بیشتر در کائنات به کاوش می‌پردازیم و جزییات ساختاری آن را مطالعه می‌کنم به مدارک بیشتری دست می‌یابیم که از یک جهت نشان می‌دهد کائنات خبر داشته است که ما از راه می‌رسیم.

ـ فریمن دیزون

# ۱۶ سیارهٔ تنها

زیستن در قالب یک موجود زنده، کاری آسان نیست. در سراسر کائنات، تا جایی که ما در حال حاضر می‌دانیم، فقط یک مکان و یک پایگاه دور از انتظار در کهکشان راه شیری به نام کرهٔ زمین وجود دارد که ما را در خود نگه خواهد داشت، که گاهی حتی می‌تواند از روی اکراه بسیار باشد.

از کف ژرف‌ترین شکاف در دل اقیانوس گرفته تا نوک بلندترین کوه، یعنی منطقه‌ای که کل حیات شناخته شده را دربر می‌گیرد، فقط چیزی در حدود ۱۰-۱۲ مایل اختلاف ارتفاع است ــ که اگر در برابر گستردگی کل کیهان قرار داده شود، چندان زیاد نیست.

برای انسان‌ها، حتی از این هم بدتر است، زیرا ما تصادفاً به آن بخشی از موجودات زنده تعلق داریم که ۴۰۰ میلیون سال پیش از این تصمیمی شتابزده ولی مخاطره‌آمیز برای بیرون خزیدن از دریاها، ماندگار شدن در خشکی و تنفس کردن اکسیژن گرفت. در نتیجهٔ این تصمیم بود که اکنون حضور در بیش از ۹۹/۵ درصد فضای قابل سکونت کرهٔ زمین از لحاظ حجمی، بر طبق یک برآورد، اساساً و یکسره ــ از لحاظ عملی ــ برای ما مجاز نیست.

نه اینکه ما نتوانیم در درون آب تنفس کنیم، بلکه تحمل فشارهای دنیای زیر آب برای ما غیرممکن است. چون آب در حدود ۱۳۰۰ بار از هوا سنگین‌تر است، هرچه در آن پایین‌تر رویم سریعاً بر مقدار فشارها افزوده می‌شود ــ معادل یک اتمسفر در مقابل هر ده متر (سی و سه فوت). در خشکی، اگر تا بالاترین نقطهٔ یک ساختمان به ارتفاع پانصد فوت ــ مانند کلیسای کلن یا بنای یادبود

واشنگتن ـ صعود کنیم، تغییر فشار به قدری ناچیز است که اصولاً احساس نمی‌شود. اما در زیر آب اگر تا همان عمق پایین برویم، رگ‌های‌مان از کار می‌افتند و ریه‌هامان فشرده می‌شوند و به اندازهٔ یک قوطی کوچک نوشیدنی در می‌آیند. شگفت‌انگیز اینجاست که بعضی افراد بدون همراه داشتن دستگاه تنفس و فقط محض تفریح، در ورزشی که شیرجهٔ آزاد نامیده می‌شود، داوطلبانه تا چنان عمقی شیرجه می‌روند. ظاهراً مردم خوش‌شان می‌آید کاری کنند که اندام‌های داخلی بدن‌شان به طور ناگهانی از شکل عادی خارج شوند (هرچند تصور می‌شود که وقتی به سطح زمین می‌آیند و اندام‌های‌شان ابعاد سابق را پیدا می‌کنند به آن اندازه شاد نمی‌شوند). اما شیرجه زنان برای رسیدن به چنان عمقی باید به کمک وزنه‌های سنگین به زیر آب کشیده شوند، آن هم خیلی تند. بدون استفاده از این وزنه‌ها، ژرف‌ترین نقطه‌ای که بشر توانسته است در زیر آب به آن برسد و پس از بیرون آمدن از آب دربارهٔ آن صحبت کند، یک ایتالیایی به نام اومبرتو پلیتساری بود که در سال ۱۹۹۲ تا عمق ۲۳۶ فوتی پایین رفت، به مدت یک نانوثانیه توقف کرد و سپس خود را شتابان به سطح آب رسانید. در مقیاس زمینی، ۲۳۶ فوت اندکی از طول یک بلوک ساختمانی در یکی از خیابان‌های شهر نیویورک بیشتر است. بنابراین، ما حتی با شادترین اقدام نمایشی هم نمی‌توانیم ادعا کنیم که استاد دسترسی به اعماق اقیانوس‌هاییم.

البته سایر موجودات زنده به نحوی با فشارهای اعماق دریا کنار می‌آیند، اما اینکه چگونه از پس این فشارها بر می‌آیند همچنان از اسرار ناگشوده است. گودترین نقطهٔ اقیانوس، درازگودال ماریانا در اقیانوس آرام است. اینجا به عمق تقریبی هفت مایل، فشار زیر آب به حدود شانزده هزار پاوند در هر اینچ مربع می‌رسد. آمریکاییان توانستند یک بار چند انسان را در داخل یک وسیلهٔ غواصی بسیار مقاوم قرار دهند و مدتی کوتاه تا آن عمق بفرستند، با این حال در آنجا گروه‌های بزرگی از دوجورپایان (Amphipods) زندگی می‌کنند که نوعی سخت پوست مشابه میگو هستند اما بدنی شفاف دارند و بی‌آنکه کوچکترین حفاظی داشته باشند به زندگی ادامه می‌دهند. البته عمق اغلب اقیانوس‌ها از این کمتر است، اما حتی در عمق متوسط اقیانوس‌ها که دو و نیم مایل است، فشار آب به قدری زیاد است که گویی انسان در زیر محموله‌ای حاوی چهارده کامیون با بار سیمان قرار می‌گیرد.

تقریباً همهٔ اندیشمندان، از جمله نویسندگان برخی کتاب‌های علمی به زبان ساده دربارهٔ اقیانوس‌شناسی، فرض را بر این می‌گذارند که بدن انسان در زیر فشارهای عظیم اقیانوس عمیق درهم فرو می‌رود و مچاله می‌شود. اما عملاً چنین نیست، چون بخش بزرگی از بدن انسان از آب تشکیل می‌شود و آب نیز به گفتهٔ فرانسیس اشکرافت از دانشگاه آکسفرد، «عملاً غیر قابل فشرده‌سازی» است «بدن در همان فشاری که آب پیرامونش دارد، می‌ماند و در آن پایین متلاشی نمی‌شود.» آنچه مشکل ایجاد می‌کند وجود انواع گازها در بدن، بویژه در داخل ریه، است. این گازها فشرده می‌شوند، اما اینکه این‌گونه فشردگی در چه نقطه‌ای موجب مرگ می‌شود بر کسی دانسته نیست. تا همین اواخر تصور می‌شد اگر کسی تا عمق صد و اندی متر به زیر آب برود به طرز دردناکی جان خواهد داد زیرا ریه‌هایش از درون منفجر می‌شوند یا قفسهٔ سینه‌اش می‌شکند، ولی غواصان آزاد، بارها خلاف این را اثبات کرده‌اند. به گفتهٔ اشکرافت به نظر می‌رسد که «انسان‌ها بیشتر به نهنگ و دولفین شباهت دارند تا آنچه قبلاً تصور می‌شد.»

اما خیلی پیش‌بینی‌های دیگر هم ممکن است غلط از آب درآیند. در سال‌های رونق لباس‌های غواصی ــ انواعی که به وسیلهٔ شیلنگ‌هایی دراز به سطح زمین وصل می‌شدند ــ غواصان گاهی متوجه پدیده‌ای مخوف می‌شدند که «فشردگی» نامیده شده است. این پدیده زمانی رخ می‌داد که پمپ‌های واقع در سطح زمین از کار می‌افتادند و موجب افت فاجعه‌بار فشار در داخل لباس غواصی می‌شدند. هوا با چنان شتابی از لباس خارج می‌شد که غواص بخت برگشته ناگهان جان می‌باخت، بدین معنی که عملاً به درون کلاه و لولهٔ شیلنگ متصل به آن مکیده می‌شد. به گفتهٔ ج. ب. س. هالدین زیست شناس در سال ۱۹۴۷، وقتی غواص به سطح آب آورده می‌شد، «تنها چیزی که در داخل لباس می‌ماند، استخوان‌ها و تکه‌هایی از گوشت تن اوست.» اما برای آنکه آدم‌های دیر باور را متقاعد ساخته باشد، می‌افزاید: «این عملاً رخ داده است.»

(تصادفاً، نخستین کلاه غواصی که در سال ۱۸۲۳ توسط یک انگلیسی به نام چارلز دین طراحی شد، نه برای غواصی بلکه برای آتش‌نشانی در نظر گرفته شده بود. این کلاه، «کلاهخود دودگیر» نامیده می‌شد، اما چون از جنس فلز بود زود گرم و دست و پاگیر می‌شد، و همچنان که چارلز دین به فاصلهٔ اندکی پس از

آن پی‌برد، آتش‌نشانان هیچ تمایل خاصی به داخل شدن در ساختمان‌های آتش گرفته، با هر نوعی از لباس برتن، و مخصوصاً با بر سر نهادن چیزی که مانند یک کتری داغ می‌شد و آن‌ها را آدم‌هایی دست و پا چلفتی نشان می‌داد نداشتند. چارلز دین که می‌کوشید سرمایهٔ خود را از خطر نجات دهد، اختراعش را در زیر آب آزمایش کرد و متوجه شد که وسیله‌ای بسیار مناسب برای عملیات نجات در زیر آب ساخته است.)

اما وحشت واقعی از اعماق دریا، بیماری دو خم یا صندوقه‌ای (بیماری ناشی از کم شدن ناگهانی فشار هوا) نام دارد ـ نه به دلیل خوشایند بودنش، که البته ناخوشایند است، بلکه بیشتر به این دلیل که احتمال وقوعش زیاد است. هشتاد درصد هوایی که ما تنفس می‌کنیم نیتروژن است. اگر بدن انسان را زیر فشار بگذارید، نیتروژن موجود در بدنش به حباب‌های ریز تبدیل می‌شود و داخل خون و بافت‌های بدن می‌شود. اگر همین فشار خیلی ناگهانی تغییر پیدا کند ـ مانند خیلی سریع بالا آمدن غواص از زیر آب ـ حباب‌های محبوس در داخل بدن، درست مانند حباب‌های داخل نوشابهٔ گازدار به هنگام باز کردن درش، می‌جوشند و کف می‌کنند، رگ‌های کوچک را مسدود می‌کنند، مانع رسیدن اکسیژن به سلول‌ها می‌شوند و چنان درد کشنده‌ای به دنبال می‌آورند که بدن بر اثر آن خم می‌شود و به صورت یک دو خم (bends) در می‌آید.»

بیماری دوخم از خطرات شغلی غواصان اسفنج و مروارید از روزگاران قدیم بوده است اما درغرب تا سدهٔ نوزدهم توجه کسی را به خود جلب نکرده بود، و در این سده نیز غربی‌ها زمانی متوجه وجودش شدند که در میان انسان‌هایی شیوع پیدا کرده بود که هیچ‌گاه داخل آب نمی‌شدند (یا اگر داخل می‌شدند تمام بدنشان را در آب فرو نمی‌بردند و عموماً تا بالاتر از قوزک پایشان را در آب نمی‌گذاشتند). اینان کارگرانی بودند که در داخل صندوقه کار می‌کردند. صندوقه به محفظه‌ای خشک و محصور گفته می‌شد که در بستر رودخانه و برای تسهیل کارهای اجرایی پایه‌های پل‌ها برپا می‌شد. صندوقه‌ها را از هوای فشرده پر می‌کردند و در اغلب موارد، کارگران وقتی پس از مدتی طولانی کار در داخل این هوای فشردهٔ مصنوعی به سطح آب می‌آمدند نشانه‌های خفیفی از بیماری مانند جزجز یا خارش پوست از خود بروز می‌دادند. اما تعدادی از آن‌ها نیز که هیچ‌گاه قابل

پیش‌بینی نبودند، دردی پایدارتر در مفصل‌های خود احساس می‌کردند و گاهی بر اثر درد از حال می‌رفتند، به طوری که گاهی هم هیچ‌گاه از زمین برنمی‌خاستند.

هیچ کس از علت واقعی سر در نمی‌آورد. گاهی کارگران بی‌آنکه احساس درد یا بیماری کنند به خواب می‌رفتند اما وقتی بیدار می‌شدند فلج شده بودند. گاهی، دیگر هیچ‌گاه از خواب بیدار نمی‌شدند. اشکرافت داستان مدیران تونل جدیدی را که در زیر رودخانهٔ تمز لندن حفر می‌شد نقل کرده است. با نزدیک شدن تونل به مرحلهٔ پایانی، مدیران یک مهمانی برگزار کردند. بطری شامپاین، در کمال ناباوری مدیران، وقتی در داخل هوای فشردهٔ تونل باز شد هیچ جوش و خروش و فورانی نداشت. اما سرانجام وقتی به هوای آزاد غروب آن روز لندن رسیدند، حباب‌ها ناگهان ازدرون جوشیدند و گاز تولید کردند و چنان موجب تسریع عمل گوارش شدند که کسی آن را از یاد نبرد.

در مقابل بیماری دوخم، علاوه بر اجتناب از داخل شدن در محیط‌های دارای فشار زیاد، فقط دو راهبرد موفقیت‌آمیز و قابل اطمینان وجود دارد. نخست آنکه مدت زمانی بسیار کوتاه در معرض تغییرات فشار هوا قرار گیرید. به همین علت است که غواصان آزاد که در صفحات پیش به آن‌ها اشاره کردم، بدون آنکه به عوارض فرو رفتن در اعماق آبها گرفتار شوند می‌توانند تا پانصد فوتی زیر دریا پایین بروند. آن‌ها خیلی طولانی در زیر آب نمی‌مانند تا مبادا نیتروژن موجود در بدن‌شان در بافت‌ها حل شود. راه حل دوم عبارت است از بالا آمدن در چند مرحله و رعایت احتیاط لازم. این کار باعث می‌شود که حباب‌های نیتروژن بی‌آنکه آسیبی به بدن برسانند در آن منتشر شوند.

بخش بزرگی از آنچه ما امروزه دربارهٔ راه‌های زنده ماندن در فشارهای خیلی زیاد می‌دانیم، نتیجهٔ کار گروه خارق‌العاده‌ای متشکل از یک پدر و پسر به نام‌های جان اسکات و ج. ب. س. هالدین است. هالدین‌ها، حتی براساس معیارهای سخت‌گیرانهٔ روشنفکران بریتانیایی، افرادی آشکارا خودخواه بودند. هالدین ارشد در سال ۱۸۶۰ در یک خانوادهٔ اشرافی اسکاتلند متولد شده بود (وایکاونت هالدین برادر او بود) ولی بیشترین سال‌های عمرش را با برخورداری از امکانات نسبتاً متوسط یک استاد رشتهٔ روان‌شناسی در دانشگاه آکسفرد سپری کرد. او به حواس‌پرتی شهرت داشت. یک بار وقتی همسرش او را برای

پوشیدن لباسی دیگر و آماده شدن برای مهمانی شام به طبقهٔ بالا فرستاده بود یادش رفت به طبقهٔ پایین برگردد و وقتی سراغش را گرفتند او را در حالی که یافتند که زیرشلوار به تن داشت و خرناسه می‌کشید. هالدین وقتی بیدار شد توضیح داد که وقتی لباس رسمی‌اش را درآورد گمان کرد وقت خواب است. نظرش دربارهٔ تعطیلات این بود که با استفاده از آن می‌تواند به کورنوال سفر کند و به مطالعهٔ کرم قلابدار در کارگران معدن بپردازد. آلدوس هاکسلی رمان نویس و نوهٔ ت. هـ هاکسلی، که مدتی با هالدین‌ها زندگی می‌کرد، در رمان نقطه در مقابل نقطه، با اندکی سنگدلی و در قالب ادوارد تانتامونت، ادای او را درآورده است.

هدیهٔ هالدین به عالم غواصی این بود که وقفه‌های استراحت لازم برای بالا آمدن از اعماق دریا را بدون ابتلا به بیماری دوخم پیدا کرد، اما دامنهٔ علایق او کل علم روان‌شناسی را از مطالعهٔ بیماری ارتفاع زدگی کوهنوردان گرفته تا مسایل مربوط به گرمازدگی در مناطق بیابانی در بر می‌گرفت. او علاقهٔ ویژه‌ای به اثرات گازهای سمی در بدن انسان داشت. برای پی بردن به اینکه نشت کربن دی‌اکسید دقیقاً چگونه موجب مرگ کارگران معدن می‌شود، خودش را به شکلی برنامه‌ریزی شده مسموم کرد و سپس ازخون خود به دقت نمونه‌برداری و آزمایش کرد. زمانی از این کار دست برداشت که چیزی به از دست رفتن کنترل کلی عضلاتش نمانده بود و سطح اشباع شدگی خونش به ۵۶ درصد رسیده بود. به گفتهٔ ترِوِر نورتن در تاریخچهٔ جالب غواصی با عنوان ستارگان زیر دریا، این سطح اشباع شدگی فقط اندکی تا کشندگی نهایی فاصلهٔ داشت.

جک پسر هالدین، که در نزد نسل‌های بعدی با حروف اختصاری J. B. S. شهرت یافت، اعجوبه‌ای استثنایی بود که از همان سال‌های کودکی به کار پدرش علاقمند شد. در سه سالگی بارها شنیده شد که با اوقات تلخی از پدرش می‌پرسید: «ولی بگو ببینم این اوکسی‌هموگلوبین است یا کربوکسی‌هموگلوبین؟» هالدین جوان در سراسر سال‌های جوانی، پدرش را در آزمایش‌هایی که انجام می‌داد کمک می‌کرد. زمانی که به سن نوجوانی رسیده بود، معمولاً با همکاری پدرش دست اندرکار آزمایش انواع گازها و ماسک‌های گاز می‌شدند، و نوبتی به این کار ادامه می‌دادند تا ببینند کی به نتیجه می‌رسند.

با آنکه J. B. S. هالدین هیچ‌گاه صاحب تحصیلات علمی دانشگاهی نشد

(در دانشگاه آکسفرد ادبیات کلاسیک خواند)، توانست به جایگاه دانشمندی بزرگ، بویژه در دانشگاه کیمبریج دست یابد. پیتر مداوار زیست شناس که عمرش را در کنار اولمپی‌های روانی سپری کرد، او را «باهوش‌ترین انسانی که در عمرم شناختم» می‌نامید. هاکسلی نیز در رمان یونجهٔ دلقک، شخصیتی مشابه هالدین جوان آفرید و از اندیشه‌های او در زمینهٔ دستکاری در ساختار وراثتی انسان به عنوان شالوده‌ای برای طرح کلی داستان دنیای جسور نوین بهره گرفت. از جمله دستاوردهای پرشمار هالدین می‌توان به نقش محوری او در مرتبط ساختن اصول نظریهٔ تکامل داروین با کارهای ژنتیکی گرگور مندل به منظور تولید چیزی اشاره کرد که در علم ژنتیک از آن با عبارت سنتز مدرن یاد می‌شود.

شاید هالدین جوان تنها مورد در میان انسان‌های روزگار خویش باشد که جنگ جهانی اول را «تجربه‌ای بسیار لذتبخش» می‌دانست و آزادانه اعتراف کرد که «از فرصتی که برای کشتن مردم» به او داده شده بود لذت می‌برد. خودش دوباردر جنگ زخمی شد. پس از جنگ به نویسنده‌ای موفق در زمینهٔ مطالب علمی به زبان ساده برای مردم تبدیل شد و بیست و سه کتاب (و بیش از چهارصد مقالهٔ علمی) نوشت. کتاب‌های هالدین، حتی امروز در ردیف کتاب‌های جذاب و خواندنی قرار دارند اما به سادگی نمی‌توان آن‌ها را پیدا کرد. از دیگر تحولات او، گرایش به مارکسیسم بود. برخی، البته نه صرفاً از روی بداندیشی، این گرایش او را زاییدهٔ غریزهٔ مخالف خوانی‌اش دانسته‌اند و گفته‌اند که اگر همان زمان در اتحاد شوروی سوسیالیستی متولد شده بود هوادار پروپاقرص حکومت پادشاهی می‌شد. بر روی هم، بخش بزرگی از مقالاتش نخستین‌بار در نشریهٔ دیلی ورکر (متعلق به کمونیست‌ها) انتشار یافت.

در حالی که علایق اصلی پدرش بر محور مسایل کارگران معادن می‌چرخید، هالدین جوان به نجات دادن خدمهٔ زیر دریایی‌ها و غواص‌ها از پیامدهای ناگوار شغل‌شان علاقه‌مند شد. با استفاده از امکانات مالی وزارت دریاداری بریتانیا، یک محفظهٔ کاهش فشار خرید و آن را «مخزن فشار» نامید. این وسیله از یک استوانهٔ فلزی تشکیل می‌شد که هر بار می‌شد سه نفر را در داخلش قرار داد و انواع آزمایش‌ها را با آن‌ها عملی کرد، که همگی دردناک و تقریباً همگی خطرناک بودند. گاهی از داوطلبان می‌خواست که در داخل آب یخ

بنشینند و در همان حال از «هوای غیرعادی» تنفس کنند یا در معرض تغییرات سریع و ناگهانی فشار قرار گیرند. در یک آزمایش، هالدین یک صعود شتابان و خطرناک را شبیه‌سازی کرد تا ببیند به چه نتیجه‌ای می‌رسد. نتیجهٔ این آزمایش آن بود که پرشدگی‌های دندان‌هایش منفجر شدند. نورتن می‌نویسد: «تقریباً تک‌تک آزمایش‌های او با نوعی حمله یا سکته، خون‌ریزی یا تهوع به پایان می‌رسیدند.» محفظهٔ مذکور عملاً ضد صدا بود، و به همین علت تنها راه موجود برای اعلام وضعیت ناگوار یا هر گرفتاری دیگر از داخل این بود که نفرات مزبور یا پیوسته بر جدارهٔ آن ازداخل می‌کوبیدند یا درخواست‌شان را روی کاغذ می‌نوشتند و پشت شیشه یکی از دریچه‌های آن می‌گرفتند.

در یک مورد دیگر، هالدین در حالی که خود را با مقادیر زیاد اکسیژن مسموم کرده بود با چنان شدتی غش کرد که باعث شکستن و خرد شدن چندین جانور مهره‌دار شد. آسیب دیدگی ریه از ضایعات همیشگی در کارهای او بود. سوراخ شدن پردهٔ گوش، چیزی پیش پا افتاده بود اما همچنان که هالدین با لحنی اطمینان‌بخش در یکی از رمان‌هایش گفته است. «پردهٔ گوش معمولاً بهبود پیدا می‌کند؛ و اگر سوراخی در آن بماند، شخص حتی اگر اندکی ناشنوا شده باشد، می‌تواند دود سیگار را از همان گوش سوراخ به بیرون بفرستد و جمعی را شگفت‌زده سازد.»

آنچه در این مورد غیر عادی به نظر می‌رسید این نبود که هالدین می‌خواست خودش را در معرض این‌گونه خطرات و ناراحتی‌ها در راه رسیدن به علم قرار دهد بلکه آن بود که بدون هیچ مشکلی، همکاران و عزیزان خودش را نیز به داخل شدن در آن محفظه دعوت و ترغیب می‌کرد. همسر هالدین که در یک فرود شبیه‌سازی شده شرکت کرده بود چنان از حال رفت که سیزده دقیقهٔ بعد به هوش آمد. وقتی اطرافیان همسرش توانستند از تلوتلو رفتن و زمین خوردنش جلوگیری کنند، او را سرپای خود نگهداشتند و به محض آنکه به هوش آمد، به منزل فرستادنش تا ناهار خودش و شوهرش را آماده کند. خوشبختانه، هالدین از هر کسی که دور و برش می‌دید برای انجام کارهای تحقیقاتی‌اش استفاده می‌کرد. از جمله در یک مورد فراموش نشدنی، آقای خوان نگرین نخست وزیر سابق اسپانیا را به کار گرفت. دکتر نگرین بعدها گلایه‌کنان گفت در پوستش قدری احساس سوزش می‌کند و «نوعی احساس عجیب در لب‌هایش

دارد»، اما غیر از اینها به نظر می‌رسد که جان سالم به در برده است. او احتمالاً خودش را آدمی خوشبخت می‌پنداشت. در آزمایشی مشابه که با محروم ساختن فرد آزمایش شونده از مقدار اکسیژن کافی همراه بود، خود هالدین تا شش سال بعد هرگونه احساس در ناحیه کفل و انتهای ستون فقراتش را از دست داد.

از میان سرگرمی‌های بسیار متعدد هالدین می‌توان به مستی با نیتروژن اشاره کرد. به دلایلی که تا این تاریخ چنانکه باید و شاید بر ما روشن نشده است، نیتروژن در پایین‌تر از اعماق حدود ۱۰۰ فوت، به یک مادهٔ مستی‌آور بسیار قوی تبدیل می‌شود. در مواردی دیده شده بود که غواصان تحت تأثیر این ماده، شیلنگ هوای تنفسی خود را به سمت ماهی‌های عبوری گرفته‌اند یا تصمیم گرفته‌اند به سطح آب برگردند و پکی به سیگار بزنند. تحت تاثیر این ماده، تغییرات شدید روانی نیز در اشخاص مشاهده شده است. هالدین در یک آزمایش متوجه شد که «حالت روانی فرد آزمایش شونده از افسردگی به شادی سیر می‌کند، یک لحظه تقاضای کاهش فشار می‌کند چون حالش خیلی بد شده است و یک دقیقه پس از آن به خنده می‌افتد و می‌کوشد در آزمون چالاکی همکارش دخالت کند.» به منظور اندازه‌گیری سرعت وخیم شدن حال شخص آزمایش شونده، دانشمندی مجبور شد همراه داوطلب انجام آزمون‌های سادهٔ ریاضی به درون محفظه برود. اما پس از چند دقیقه، همچنان که هالدین بعدها یادش آمد، «آزمایش کننده، درست به اندازهٔ آزمایش شونده مست می‌شد و غالباً فراموش می‌کرد که میلهٔ محور ساعت مچی‌اش را فشار دهد یا درست یادداشت برداری کند.» علت این مستی، هنوز هم در هاله‌ای از اسرار مانده است. تصور می‌شود علت مذکور ممکن است همان علتی باشد که مستی الکلی را باعث می‌شود، اما چون کسی به یقین نمی‌داند چه چیزی باعث آن مستی می‌شود، باز چیزی بر دانش ما افزوده نمی‌شود. به هر حال، بدون نیاز به دقت و زحمت زیاد، به محض خارج شدن از دنیای واقع در سطح زمین، به راحتی می‌توان خود را به دردسر انداخت.

آنچه گفته شد ما را (البته تا حدودی) به این نظر پیشین باز می‌گرداند که کرهٔ زمین،

حتی اگر تنها مکان موجود در کائنات باشد، مناسب‌ترین مکان برای حضور در آن در کالبد یک انداmواره یا موجود زنده نیست. درصد بسیار عظیمی از بخش بسیار کوچکی از سطح این سیاره که خشکی لازم برای نگهداشتن ما را در بر می‌گیرد به قدری گرم یا سرد یا پر فراز و نشیب است که نمی‌توانند چندان به حال‌مان مفید واقع شود. البته باید پذیرفت که این تا حدودی از خطای خود ما ناشی می‌شود. انسان‌ها از لحاظ سازگاری‌پذیری با محیط و عوامل مؤثر محیطی، به طرز حیرت‌آوری بی‌فایده هستند. ما همانند اغلب جانوران، جاهای گرم را خیلی دوست نداریم، اما چون خیلی راحت عرق می‌کنیم و آسان دست از کار می‌کشیم، مخصوصاً آسیب‌پذیر هستیم. اغلب افراد در بدترین حالت ــ روی دو پای پیاده، بدون آب، و در بیابان سوزان ــ در کمتر از شش یا هفت ساعت هیجان زده خواهند شد و تلوتلو خوران نقش بر زمین خواهند شد به طوری که دیگر هیچ‌گاه از جا بلند نمی‌شوند. در برابر سرما نیز به همان اندازه درمانده‌ایم. ما انسان‌ها، همانند تمام پستانداران‌ها، خیلی خوب گرما تولید می‌کنیم اما ــ چون تقریباً جملگی بدنی بی‌مو داریم ــ نمی‌توانیم گرما را به همان خوبی حفظ کنیم. حتی در آب و هوای کاملاً معتدل، نیمی از کالری سوزانده شده توسط بدن انسان برای گرم نگهداشتن آن به مصرف می‌رسد. البته ما با توسل به تدابیری چون پوشیدن لباس و ساختن سرپناه بر این ضعف خویش غلبه می‌کنیم، ولی با این حال، بخش‌هایی از کرهٔ زمین که ما برای زندگی در آن‌ها آمادگی داریم یا می‌توانیم در آن‌ها به زندگی ادامه دهیم عملاً نقاطی با آب و هوای معتدل هستند: فقط ۱۲ درصد از کل سطح خشکی‌ها، یا ۴ درصد از کل سطح کرهٔ زمین اگر سطح دریاها را نیز در این محاسبه بگنجانیم.

با این حال وقتی شرایط موجود در دیگر نقاط این کائنات شناخته شده را در نظر می‌گیریم، از آن در شگفت نمی‌شویم که ما چنین بخش ناچیزی از سطح سیارهٔ خودمان را مورد استفاده قرار داده‌ایم بلکه از آن در شگفت می‌شویم که توانسته‌ایم سیاره‌ای را بیابیم که قادریم حتی ذره‌ای از آن را مورد استفاده قرار دهیم. کافی است فقط نظری به این منظومهٔ شمسی خودمان ــ یا چرا راه دور برویم، همین کرهٔ زمین خودمان در برخی از دوره‌های تاریخ آن ــ بیندازیم تا دریابیم که اغلب جاهای آن در مقایسه با این سیارهٔ آب‌دار معتدل و نیلگون

خودمان بمراتب خشن‌تر و فرمان ناپذیرترند.
دانشمندان علوم فضایی تا این تاریخ چیزی در حدود هفتاد سیاره را در خارج از منظومهٔ شمسی از میان ده میلیارد تریلیون و اندی سیاره‌ای کشف کرده‌اند که گفته می‌شود در کائنات وجود دارند، بنابراین، انسان‌ها نمی‌توانند به راحتی مدعی اعلام نظر قطعی در این مورد شوند، اما چنین به نظر می‌رسد که انسان اگر مایل به داشتن سیاره‌ای مناسب زندگی باشد، باید گفت خیلی خوشبخت بوده است، و هرچه زندگی به مراحل پیشرفته‌تری وارد می‌شود انسان نیز خوشبخت‌تر خواهد شد. نظاره‌گران مختلف، در حدود بیست و چهار فرصت بویژه سودمندی راکه بشر در کرهٔ زمین داشته است شناسایی کرده‌اند، اما به دلیل فشرده بودن تحقیق کنونی، ما آن‌ها را به چهار فرصت اصلی زیر خلاصه می‌کنیم:

**موقعیت عالی.** ما، تا درجه‌ای تقریباً اسرارآمیز، در مناسب‌ترین فاصله از مناسب‌ترین نوع ستاره‌ای قرار گرفته‌ایم که به واسطهٔ بزرگی‌اش مقادیر انبوهی از انرژی را به اطراف خود می‌فرستد، اما آن قدر بزرگ نیست که بتواند خودش را در یک آن بسوزاند و نابود کند. از شگفتی‌های علم فیزیک یکی هم این است که هرچه ابعاد ستاره‌ای بزرگتر باشد، سرعت سوختنش همانقدر بیشتر می‌شود. اگر حجم خورشید ما ده برابر حجم کنونی‌اش می‌بود، خودش را به جای ده میلیارد سال، پس از پنج میلیارد سال می‌سوزانید و نابود می‌کرد و ما نیز اکنون در اینجا نمی‌بودیم. یک خوشبختی دیگر ما، چرخیدن درمداری است که اکنون در آن قرار گرفته‌ایم. اگر خیلی بیش از این به خورشید نزدیک می‌شد هر آنچه روی زمین بود آب‌پز می‌شد و از میان می‌رفت. خیلی دور شدن از خورشید نیز موجب یخ بستن همهٔ موجودات روی زمین می‌شد.
در سال ۱۹۷۸ یک اختر فیزیک‌دان به نام مایکل هارت، محاسباتی انجام داد و به این نتیجه رسید که کرهٔ زمین فقط اگر به اندازهٔ یک درصد از خورشید دورتر یا به اندازهٔ پنج درصد به خورشید نزدیک‌تر می‌بود، غیر قابل سکونت می‌شد. این، خیلی زیاد نیست، و عملاً کافی نبود. از آن زمان تاکنون مختصر تغییراتی در این ارقام داده شده است ــ یعنی دانشمندان قدری سخاوت به خرج داده‌اند و معتقدند که ۵ درصد نزدیک‌تر و ۱۵ درصد دورتر، ارقامی دقیق‌تر برای

تعیین منطقهٔ قابل سکونت برای بشر به شمار می‌روند ـ اما این نیز از حد یک کمربند باریک فراتر نمی‌رود.*

برای اینکه بدانیم این کمربند دقیقاً چقدر باریک است، فقط کافی است نظری به سیارهٔ زهره بیندازید. زهره در مقایسه با کرهٔ زمین، فقط بیست و پنج هزار مایل به خورشید نزدیک‌تر است. گرمای خورشید، درست دو دقیقه پیش از آنکه به زمین برسد به سطح زهره می‌رسد. زهره از لحاظ اندازه و ترکیباتش خیلی به کرهٔ زمین شباهت دارد، ولی وجود تفاوت‌های جزیی در فاصلهٔ مداری آن موجب این تفاوت در وضع کنونی زهره شده است. چنین به نظر می‌رسد که کرهٔ زهره در نخستین سال‌های شکل‌گیری منظومهٔ شمسی فقط اندکی از زمین گرم‌تر بوده و احتمالاً چند اقیانوس هم داشته است. اما آن چند درجه گرمای اضافی بدین معنی بود که کرهٔ زهره نمی‌توانست آب موجود در سطح خود را نگهدارد، که این پیامدی فاجعه‌بار برای آب و هوای آن داشت. با بخار شدن آب زهره، اتم‌های هیدروژن به ژرفای فضا گریختند، و اتم‌های هیدروژن با کربن ترکیب شدند و اتمسفری متراکم از گاز گلخانه‌ای $CO_2$ تشکیل دادند. زهره به کره‌ای خفه‌کننده تبدیل شد. با آنکه هم سن و سال‌های من ممکن است زمانی را به یادآورند که فضانوردها ابراز امیدواری می‌کردند که بتوانند در زیر ابرهای لایه‌لایهٔ آن به نشانه‌های حیات ـ احتمالاً حتی نوعی طبیعت سبز گرمسیری ـ دست یابند، می‌دانیم که محیط زهره چنان با هر نوعی از حیات ناسازگاری دارد که می‌توان آن را منطقاً درک کرد. دمای سطح زهره دمایی بریان کننده در حد ۴۷۰ درجهٔ سانتیگراد (تقریباً ۹۰۰ درجهٔ فارنهایت) است، که برای ذوب کردن سرب کفایت می‌کند، و فشار اتمسفر آن نود برابر فشار اتمسفر زمین یا از هر فشار قابل تحمل توسط بدن انسان بیشتر است. ما فناوری لازم برای ساخت لباس‌ها یا حتی سفینه‌های مناسب برای سفر به زهره و بازدید از آن را نداریم.

---

* کشف اکسترموفیل‌ها در حوضچه‌های جوشان پارک ملی یلوستون و اندامواره‌های مشابهی که در جاهای دیگر کشف شدند، توجه دانشمندان را به این واقعیت جلب کرد که زندگی از یک نوع خاص می‌تواند دامنه‌ای به مراتب گسترده‌تر از این پیدا کند ـ حتی، شاید، تا زیر پوستهٔ یخین سیارهٔ پلوتون نیز برسد. آنچه ما در اینجا درباره‌اش صحبت می‌کنیم شرایطی است که موجب پیدایش موجودات زنده‌ای منطقاً پیچیده در سطح زمین می‌شود.

اطلاعات ما دربارهٔ سطح زهره بر تصاویر راداری از فاصله‌های دوردست و برخی صداهای حاکی از بهت‌زدگی یک کاوشگر ساخت شوروی استوار است که در سال ۱۹۷۲ با امیدهای بسیار در سطح زهره نشانده شد و پس از کمتر از یک ساعت فعالیت، در سکوتی ابدی فرو رفت.

این، کل آن تغییراتی است که اگر به اندازهٔ دو دقیقهٔ نوری به خورشید نزدیک‌تر شویم در سطح زمین رخ خواهد داد. اگر به مداری دور دست‌تر از این سفر کنیم، مشکل‌مان نه گرما بلکه سرما خواهد بود، همچنان که برودت حاکم بر مریخ شهادت می‌دهد. مریخ نیز روزگاری، کره‌ای بمراتب مطلوب‌تر از این بود اما نتوانست اتمسفر قابل استفادهٔ خود را نگهدارد و به برهوتی یخ بسته تبدیل شد.

اما صِرف قرار گرفتن در فاصلهٔ مناسب از خورشید نمی‌تواند کل داستان باشد، زیرا در غیر این صورت کرهٔ ماه پر از جنگل و دارای شرایط مناسب می‌شد، که آشکارا می‌بینیم چنین نیست. بدان منظور آنچه نیاز داریم عبارت است از:

**نوع مناسب سیاره.** گمان نمی‌کنم که حتی بسیاری از ژئوفیزیک‌دانان وقتی از ایشان خواسته شود نعماتی را که در اختیار دارند شرح دهند، مایل باشند زندگی کردن در سطح سیاره‌ای با هستهٔ مذاب را در زمرهٔ این نعمات بگنجانند اما با اطمینان قریب به یقین می‌توان گفت که بدون آن همهٔ ماگمایی که در زیر پای ما در جوش و خروش است، امروز اثری از ما در این کرهٔ خاکی نمی‌بود. هستهٔ زندهٔ درون زمین، علاوه بر خیلی چیزهای دیگر، موجب گاز فشانی و عاملی مؤثر در شکل‌گیری اتمسفر زمین گردید و میدان مغناطیسی حفاظت کننده از کرهٔ زمین در برابر تشعشعات کیهانی را در اختیار ما قرارداد. تکتونیک صفحه‌ای را نیز که پیوسته موجب تجدید ساختار و درهم ریختن سطح زمین می‌شود از همین هسته داریم. اگر سطح کرهٔ زمین یکسره هموار و بی‌عارضه می‌بود سراسر آن را تا عمق ۴ کیلومتر آب دربر می‌گرفت. در یک چنان اقیانوس تنها، ممکن است حیات وجود داشته باشد ولی بدون تردید اثری از بیس بال در آن پیدا نمی‌شود.

ما علاوه بر در اختیار داشتن یک هستهٔ پر فایده در اندرون کرهٔ زمین، عناصر مناسب را به نسبت‌های مناسب در آن داریم. به بیان دقیق، ما از مواد مناسب و درست ساخته شده‌ایم. این مناسب بودن مواد چنان نقش مثبتی در

آسایش ما ایفا می‌کند که در سطرهای بعد با جزییات بیشتری درباره‌اش بحث خواهیم کرد اما نخست باید دو عامل باقیماندهٔ دیگر را بررسی کنیم. نخست به عاملی می‌پردازیم که غالباً نادیده انگاشته می‌شود:

**زمین سیاره‌ای دوقلو است.** تعداد انگشت شماری از انسان‌ها پیدا می‌شوند که کرهٔ ماه را همچون یک کرهٔ قرینه برای کرهٔ زمین تصور کنند، اما واقعیت همین است که گفته شد. بیشتر قمرها در مقایسهٔ با ستارهٔ غالب‌شان کره‌هایی خرد هستند. مثلاً فوبوس و دیموس از قمرهای کرهٔ مریخ، فقط در حدود ۱۰ کیلومتر قطر دارند. ولی قطر ماه زمین، اندکی از یک چهارم قطر کرهٔ زمین بیشتر است و همین کرهٔ زمین را به تنها سیاره در منظومهٔ شمسی تبدیل می‌کند که قمرش در مقایسه با خودش (به استثنای کرهٔ پلوتون، که عملاً اهمیتی ندارد چون خود پلوتون خیلی کوچک است) نسبتاً بزرگ است، که این تأثیری چشمگیر در وضع زمین دارد.

بدون تأثیر تثبیت کنندهٔ ماه، کرهٔ زمین همانند فرفره‌ای که نزدیک است از چرخش بایستد، به این سو و آن سو لمبر می‌خورد و خدا می‌داند چه پیامدهایی برای آب و هوای آن پیش می‌آمد. تأثیر گرانشی پایدار ماه باعث ادامهٔ چرخش زمین با سرعت و زاویهٔ مناسب در جهت تامین پایداری لازم برای تکامل بلند مدت و موفقیت‌آمیز حیات می‌شود. این وضع تا ابد ادامه نخواهد یافت. ماه با سرعتی معادل تقریباً ۱/۵ اینچ در سال از چنگ ما می‌گریزد. تا دو میلیارد سال آینده، به قدری از زمین فاصله می‌گیرد که نخواهد توانست زمین را تثبیت کند و انسان مجبور خواهد شد به دنبال راه حلی دیگر بگردد، اما در این ضمن انسان باید ماه را همچون چیزی بس فراتر ازیک جرم دوست داشتنی در آسمان شب در نزد خود مجسم سازد.

سده‌های طولانی، اخترشناسان تصور می‌کردند دو کرهٔ زمین و ماه با هم به وجود آمده و شکل گرفته‌اند یا آنکه کرهٔ ماه در ضمن گذر از نزدیکی زمین به دام زمین افتاده است. همچنان که در یکی از فصل‌های پیشین گفته شد، ما امروزه بر این باوریم که نزدیک به ۴/۵ میلیارد سال پیش از این یک شیء مریخ مانند به زمین کوبیده شد و بدین ترتیب خاک و سنگ کافی برای ساخته شدن کرهٔ ماه از

زمین کنده و در فضا رها شد. این حادثه، بدون تردید برای کرهٔ زمین بسیار خوب بود ــ اما مخصوصاً از این لحاظ خوب بود که در گذشته‌ای چنان دور رخ داد. اگر این حادثه در سال ۱۸۹۶ یا چهارشنبهٔ گذشته رخ داده بود روشن است که ما اکنون نمی‌توانستیم این چنین از وقوعش ابراز خوشحالی کنیم. از اینجا می‌رسیم به چهارمین و از بسیاری جهات مهم‌ترین و حساس‌ترین عامل:

**زمان‌بندی.** کائنات، به طرزی حیرت‌انگیز، جایی بس ناپایدار و پرحادثه است، و حضور ما در آن نیز خود مایهٔ شگفتی است. اگر رشتهٔ طولانی و تصور ناپذیری از حوادث پیچیده از این تاریخ تا ۴/۵ میلیارد و اندی سال پیش به ترتیبی خاص در زمان‌هایی خاص وارد میدان نشده بود ــ مثلاً در یک مورد تردیدناپذیر، اگر دایناسورها بر اثر اصابت یک شهاب در دورهٔ حیات‌شان نابود نشده بودند ــ انسان امروزی احتمالاً موجودی با یک قامت شش اینچی، و ریش و سیبلی همانند ریش و سبیل جانوران به اضافهٔ یک دم می‌بود و در داخل غار یا شیاری به خواندن این نوشته مشغول.

به بیان دقیق‌تر، ما چیزی را به یقین نمی‌دانیم زیرا چیز دیگری در اختیار نداریم که زندگی خودمان را با آن مقایسه کنیم، ولی به نظر می‌رسد که انسان آرزو دارد به جامعه‌ای نسبتاً پیشرفته و اندیشمند برسد، نیازمند آن است که در انتهای رشتهٔ دور و دراز حوادث و پیامدهای متضمن دوره‌های پایداری منطقی و گاه دارای تأکیدها و تغییرهای بجا و بموقع (از این لحاظ، چند یخبندان در تاریخ بشر، مخصوصاً مفید به نظر می‌رسند) و مشخص شده با فقدان کامل هرگونه فاجعهٔ طبیعی قرارگیرد. همچنان که در صفحات بعد خواهیم دید، بسیار خوشبختیم که خود را در چنان وضعیتی می‌یابیم.

در کرهٔ زمین نود و دو عنصر طبیعی وجود دارند، به اضافهٔ بیست و اندی عنصر دیگر که در آزمایشگاه‌های مختلف آفریده شده‌اند، ولی برخی از اینها را بی درنگ می‌توان کنار گذاشت ــ همچنان که خود شیمی‌دان‌ها معمولاً چنین می‌کنند. بسیاری از مواد شیمیایی متعلق به زمین، متأسفانه چنانکه باید و شاید

شناخته نشده‌اند. مثلاً عنصر استاتین عملاً مورد مطالعه قرار نگرفته است. این عنصر برای خودش یک نام و یک جای مخصوص در جدول تناوبی عناصر دارد (همسایهٔ دیوار به دیوار پولونیوم ماری کوری)، اما جز این تقریباً هیچ چیزی درباره‌اش نمی‌دانیم. مشکل در اینجا نه بی‌تفاوتی علمی بلکه نایابی این عنصر است. در کرهٔ زمین، استاتین به اندازه کافی یافت نمی‌شود. اما فرارترین عنصر در میان تمام عناصر، به نظر می‌رسد فرانسیوم باشد که زمانی به دلیل نایابی خارق‌العاده‌اش تصور می‌شد در سراسر کرهٔ زمین در هر لحظهٔ خاص بیش از بیست اتم فرانسیوم وجود نداشته باشد. بر روی هم فقط چیزی در حدود سی عنصر از عناصر طبیعی به وفور در کرهٔ زمین یافت می‌شوند، که نزدیک به شش تای آن‌ها نقش و اهمیتی محوری در زندگی انسان دارند.

همچنان که هرکسی می‌داند، اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در کرهٔ زمین است و نزدیک به نیمی از پوستهٔ زمین را تشکیل می‌دهد، ولی فراوانی‌های نسبی عناصر پس از اکسیژن طوری است که غالباً موجب شگفتی می‌شود. مثلاً چه کسی حدس می‌زند که سیلیکون دومین عنصر از لحاظ فراوانی در کرهٔ زمین باشد یا تیتانیوم دهمین عنصر باشد؟ فراوانی عناصر، ارتباط چندانی با آشنایی ما با آن‌ها یا سودمندی آن‌ها برای ما ندارد. بسیاری از عناصر ناشناخته‌تر، عملاً بیش از عناصر شناخته شده‌تر رواج دارند. در کرهٔ زمین مقدار سریوم از مس و مقدار نئودیمیون و لانتانوم از کبالت یا نیتروژن بیشتر است. قلع به سختی در جمع ۵۰ عنصر بالایی قرار می‌گیرد و عناصر نسبتاً ناشناخته‌ای چون پاراسئودیمیوم، ساماریوم، گادولینیوم و دیسپروسیوم آن را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهند.

همچنین، فراوانی عناصر ارتباط چندانی با سهولت شناسایی یا تشخیص آن‌ها ندارد. آلومینیوم چهارمین عنصر از لحاظ فراوانی در کرهٔ زمین است و چیزی در حدود یک دهم هر آن چیزی را تشکیل می‌دهد که در زیر پای ما قرار دارد، ولی هیچ کس تصور نمی‌کرد که چنین عنصری عملاً وجود داشته باشد تا آنکه سرانجام توسط همفری دیوی کشف شد، و تا مدت‌ها پس از کشف نیز عنصری نایاب و قیمتی به شمار می‌رفت. به دستور کنگرهٔ آمریکا یک لایهٔ براق از فویل آلومینیوم روی بنای یادبود واشنگتن کشیده شد تا به دیگران نشان دهند که آمریکایی‌ها تا چه جایگاه والایی از پیشرفت رسیده بوده‌اند، و خاندان سلطنتی

فرانسه نیز در همان دوره، مجموعهٔ کارد و چنگال‌های نقره‌ای مخصوص مراسم شام را کنار گذاشت و به جای آن یک دست کامل کارد و چنگال آلومینیومی خرید. برخلاف چاقوی آلومینیومی که برشی نداشت، گرایش به استفاده از وسایل و لوازم آلومینیومی راهش را همچون تیغی برنده باز می‌کرد و پیش می‌تاخت.

فراوانی عناصر، الزاماً هیچ ربطی به اهمیت آن‌ها ندارد. کربن پانزدهمین عنصر از لحاظ فراوانی در جهان است و درصد ناچیزی معادل ۰/۰۴۸ درصد از پوستهٔ زمین را تشکیل می‌دهد، ولی ما بدون وجود کربن راه‌مان را گم می‌کنیم. آنچه موجب تمایز کربن می‌شود آن است که کربن به طرز بی‌شرمانه‌ای بی‌بندوبار است. این عنصر رفتاری همانند یک جانور گروه‌زی در دنیای اتمی دارد، خودش را به بسیاری اتم‌های دیگر (از جمله خودش) چفت می‌کند و سفت می‌چسبد، چندین صف مشابه صف‌های رقص کونگا با استحکام بسیار زیاد تشکیل می‌دهد ـ از حقه‌های ضروری طبیعت برای ساختن پروتئین و DNA. به گفتهٔ پل دیویس: «اگر کربن وجود نمی‌داشت، حیات به شکلی که ما در حال حاضر می‌شناسیم، غیرممکن می‌شد. احتمالاً هر نوعی از حیات غیر ممکن می‌شد.» با این حال، کربن، حتی در وجود انسان‌ها که یک چنین وابستگی حیاتی مهمی با آن دارند، آن قدرها فراوان نیست. از هر ۲۰۰ اتم موجود در بدن ما، ۱۲۶ اتم هیدروژن، ۵۱ اتم اکسیژن، و فقط ۱۹ اتم کربن است.*

سایر عناصر، نه به دلیل نقشی که در آفریدن حیات دارند بلکه به دلیل پایدار نگهداشتن حیات، اهمیت دارند. بدن انسان، عنصر آهن را برای ساختن هموگلوبین نیاز دارد و اگر آهن نباشد انسان می‌میرد. کبالت برای تولید ویتامین $B_{12}$ ضروری است. پتاسیوم و اندکی سدیم، عملاً در تقویت اعصاب ما مؤثر واقع می‌شوند. مولیبدن، منگنز، و وانادیوم به فعال نگهداشتن آنزیم‌های بدن یاری می‌رسانند. روی ـ خدا به دادمان برسد ـ موجب اکسایش الکل می‌شود.

ما طوری تکامل یافته‌ایم که از این چیزها بهره‌گیری یا آن‌ها را تحمل کنیم ـ در غیر این صورت به سختی می‌توان در اینجا حضور داشت ـ ولی با این حال، ما

---

* از چهار اتم باقی مانده، سه اتم نیتروژن است و یک اتم باقی مانده نیز در میان تمام عناصر دیگر تقسیم می‌شود.

در محدوده‌های قابل قبول باریکی به زندگی ادامه می‌دهیم. وجود سلنیوم برای همهٔ ما ضرورت حیاتی دارد، اما اگر اندکی بیش از حد لازم از آن را بخورید، همان خوردن این مقدار اضافی آخرین کاری خواهد بود که از شما سر می‌زند. حدود نیاز به برخی عناصر یا درجهٔ تحمل این عناصر توسط موجودات زنده، یادگاری برجا مانده از مراحل تکامل طبیعی آن‌ها است. گاو و گوسفند، امروزه در کنار هم به چرا می‌روند، ولی عملاً به مقادیر و انواع بسیار متفاوتی از مواد معدنی نیاز دارند. گاوهای امروزی به مقدار خیلی زیادی مس نیاز دارند زیرا در بخش‌هایی از اروپا و افریقا به ظهور رسیدند و تکامل یافتند که مس در آن‌ها فراوان بود. گوسفند، از طرف دیگر، در مناطقی از آسیای صغیر به ظهور رسید و تکامل یافت که مس در آن‌ها کمیاب بود. تحمل عناصر توسط بدن انسان، قاعدتاً و بنابر انتظار، با فراوانی آن‌ها در پوستهٔ زمین نسبت مستقیم دارد. ما طوری تکامل یافته‌ایم که انتظار وجود مقادیر جزیی عنصر نایابی را که در گوشت یا الیاف مصرفی ما انباشته می‌شوند داشته باشیم، و در پاره‌ای موارد نیز عملاً به وجود آن‌ها نیاز داریم. اما اگر همین مقادیر جزیی را در برخی موارد فقط ذره‌ای بیشتر دریافت و وارد بدن کنیم، می‌توان گفت که به فاصلهٔ چند لحظه از یک آستانهٔ مشخص گذر خواهیم کرد. مثلاً کسی نمی‌داند که خوردن اندکی آرسنیک برای راحت زندگی کردن ما ضروری است یا نه. برخی دانشمندان آن را ضروری می‌دانند، برخی نیز می‌گویند هیچ ضرورتی ندارد. تنها چیزی که به یقین می‌توان گفت آن است که خوردن مقدار خیلی زیادی از آن موجب مرگ خواهد شد.

خواص عناصر، زمانی از آنچه گفتیم حیرت‌انگیزتر می‌شود که عناصر را با یکدیگر ترکیب کنیم. مثلاً اکسیژن و هیدروژن، دو تا از عناصر احتراق پسند در پیرامون ما به شمار می‌روند، اما اگر با یکدیگر ترکیب شوند آب تولید می‌کنند که احتراق‌پذیر نیست.* از آن عجیب‌تر در ترکیب، عبارتند از سدیم که یکی از

---

* خود اکسیژن به تنهایی احتراق‌پذیر نیست؛ بلکه صرفاً موجب تسهیل احتراق چیزهای دیگر می‌شود. این، البته خیلی خوب است چون اگر قرار می‌بود اکسیژن احتراق‌پذیر باشد هر بار که کبریت بزنیم هر آنچه در اطراف‌مان است در کام شعله‌ها آتش خواهد گرفت. از طرف دیگر گاز هیدروژن، همچنان که در حادثهٔ کشتی هوایی هیندنبورگ در روز ۶ مه ۱۹۳۷ در منطقهٔ لیکهرست از ایالت نیوجرسی دیده شد، بی‌نهایت احتراق‌پذیر است. در آن حادثه، سوخت هیدروژن کشتی مذکور منفجر و خود کشتی شعله‌ور شد و سی و شش نفر را کشت.

ناپایدارترین عناصر است، و کلر که یکی از سمی‌ترین آن‌ها است. کافی است یک تکهٔ کوچک از سدیم را داخل آب معمولی بیندازید تا ببینید با چه قدرتی منفجر و موجب مرگ اطرافیان می‌شود. کلر حتی بیش از این به خطرناک بودن شهرت دارد. کلر با آنکه در غلظت‌های کم برای کشتن میکروارگانیسم‌ها مفید واقع می‌شود (بویی که از مادهٔ سفید کننده به مشام می‌رسد بوی کلر است) اما در حجم‌های بزرگتر کشنده است. کلر، عنصر انتخابی و مورد استفاده در بسیاری از گازهای سمی جنگ جهانی اول بود. و همچنان که بسیاری از شناگران با چشمان سرخ به یاد دارند، بدن انسان، کلر را حتی به شکل بسیار رقیق آن نمی‌پذیرد. راستی، هیچ می‌دانید اگر این دو عنصر نامطبوع و بد را با یکدیگر درآمیزید چه به دست می‌آید؟ کلرور سدیم ـ همان نمک طعام معمولی.

بر روی هم، اگر عنصر خاصی نتواند از راه‌های طبیعی وارد بدن ما شود ـ مثلاً اگر در آب محلول نباشد ـ ما معمولاً نمی‌توانیم وجودش را در بدن‌مان تحمل کنیم. سرب به این علت موجب مسمومیت ما می‌شود که ما تا پیش از پرداختن به تولید و به کارگیری آن در ظروف مواد غذایی و کارهای لوله‌کشی، هیچگاه با آن در تماس یا در معرض تأثیرات آن نبوده‌ایم. (از قضا، عنصر سرب با علامت pb نشان داده می‌شود که از واژهٔ لاتینی *Plumbum* گرفته شده است و ریشهٔ واژهٔ امروزی *Plumbing* به معنی لوله‌کشی یا سرب‌کاری در زبان انگلیسی است.) رومی‌ها نیز برای خوش عطر کردن شراب از سرب استفاده می‌کردند و شاید به همین علت است که دیگر آن نیرویی به شمار نمی‌روند که در روزگار باستان بودند. همچنان که در موارد دیگر گفتیم، عملکرد خود ما نیز با سرب (اگر نخواهیم سخنی از جیوه، کادمیوم، و تمام دیگر آلاینده‌های صنعتی که مرتباً وارد بدن‌مان می‌کنیم به زبان آوریم) طوری بوده است که جای چندانی برای خندیدن به رومیان باقی نمی‌گذارد. در مواردی که عناصر شیمیایی به شکل طبیعی در کرهٔ زمین یافت نمی‌شوند. ما طوری تکامل یافته‌ایم که نمی‌توانیم آن‌ها را تحمل کنیم و به همین دلیل، آن‌ها برای ما بی‌نهایت سمی به شمار می‌روند، مانند پلوتونیوم. تحمل ما در مقابل پلوتونیوم صفر است: هیچ سطحی از جذب پلوتونیوم وجود ندارد که بگوییم موجب از پا درآمدن ما نخواهد شد.

من شما را در راهی چنین طولانی با خود آورده‌ام تا نکته‌ای کوچک را

یادآوری کنم: بخش بزرگی از علت گنجایش معجزه‌آسای کرهٔ زمین آن است که ما طوری تکامل یافته‌ایم که با شرایط آن سازگار شویم. آنچه مایهٔ شگفتی ما می‌شود این نیست که کرهٔ زمین مناسب زندگی کردن است بلکه آن است که برای زندگی ما انسان‌ها مناسب است ـ و این حقیقتاً کمتر جای تعجب دارد. این احتمال وجود دارد که بسیاری از عوامل مؤثر در شکوهمند نمایاندن کرهٔ زمین به ما انسان‌ها ـ خورشید با ابعاد مناسب، ماه خوش نقش، کربن دوست داشتنی، ماگمای فراوان به طوری که نتوان چوبی در داخلش فرو برد و تکانش داد، و الی آخر ـ فقط به این دلیل شکوهمند می‌نمایند که جملگی همان چیزهایی هستند که ما از بدو تولدمان برایشان اهمیت قایل بوده‌ایم. کسی نمی‌تواند چیزی جز این بگوید.

در جهان‌های دیگر ممکن است موجوداتی یافت شوند که سپاسگزار وجود دریاچه‌های نقره‌گون سرشار از جیوه و ابرهای انبوه آمونیاکی باشند. شاید دل‌شان به این خوش باشد که سیارهٔ آن‌ها صفحات ساینده‌اش را به هم نمی‌کوبد تا گیج‌شان کند یا تکه‌های گدازهٔ بد ریخت از درون خود بیرون نمی‌دهد تا منظرهٔ طبیعی را ضایع کند، بلکه روزگار را در آرامش تکتونیکی دایمی به سر می‌آورد. هر مسافری که از کرات دوردست وارد کرهٔ زمین شود، تقریباً بدون هیچ تردیدی و در کمترین حد ممکن، وقتی ببیند ما در درون اتمسفری زندگی می‌کنیم مرکب از نیتروژن یا گازی که با تروشرویی برای داخل شدن در واکنش شیمیایی با هر چیزی آمادگی دارد، به اضافهٔ اکسیژن که ما به علت آمادگی فراوانش برای آتش‌گیری مجبوریم در تمام شهرهای‌مان ایستگاه‌های آتش نشانی برپا داریم تا از خودمان در برابر اثرات پرحرارت‌تر آن محافظت کنیم، انگشت حیرت به دهان خواهد گرفت. اما حتی اگر این میهمانان ما موجوداتی دوپا و تنفس کنندهٔ اکسیژن باشند، مثل ما دارای مراکز خرید باشند و از فیلم‌های پر زد و خورد خوش‌شان بیاید، به احتمال خیلی زیاد اینجا را کره‌ای مطلوب برای خود نخواهند دانست. ما حتی نمی‌توانیم یک ناهار به آن‌ها بدهیم چون رگه‌هایی از منگنز، سلنیوم، روی، و دیگر ذرات عنصری در غذاهای ما یافت می‌شوند که دست کم برخی از آن‌ها باعث مسمومیت آن‌ها خواهند شد. کرهٔ زمین در نظر آنان به هیچ وجه جایی شگفت‌انگیز و دوست داشتنی به شمار نخواهد آمد.

ریچارد فاینمن فیزیک‌دان، معمولاً با لحنی شوخی‌آمیز از به اصطلاح

نتیجه‌گیری‌های استقرایی یا پساتجربی یاد می‌کرد. او می‌گوید: «می‌دانی، امشب با شگفت‌انگیزترین رویداد عمرم روبه‌رو شدم. اتومبیلی را دیدم که شماره‌اش ARW 357 بود. می‌شود چنین چیزی را تصور کرد؟ از میان میلیون‌ها شمارهٔ اتومبیل در این ایالت، چه اتفاقی باعث شد که امشب من آن اتومبیل را با آن شمارهٔ خاص دیدم؟ تعجب‌آور است؟» البته نکته‌ای که او مطرح می‌کند آن است که تبدیل کردن هر وضعیت پیش پا افتاده به یک وضعیت خارق‌العاده، اگر آن را وضعیتی سرنوشت‌ساز تلقی کنید، بسیار آسان است.

بدین ترتیب، این احتمال وجود دارد که رویدادها و شرایط منتهی به پیدایش حیات در کرهٔ زمین، آنقدرها که ما دوست داریم چنین تصور کنیم خارق‌العاده نباشند. با این حال، این رویدادها و شرایط به قدر کافی خارق‌العاده بودند و در یک چیز تردیدی نیست: همچنان به اعتبار خود باقی خواهند بود تا آنکه ما جایی بهتر از این برای خود پیدا کنیم.

# ۱۷ تا ژرفای تروپوسفر

بیاید خدا را سپاس بگزاریم که کرهٔ زمین دارای اتمسفر شده است. اتمسفر، ما و زمین را گرم نگه‌می‌دارد. بدون اتمسفر، زمین به یک گوی بی‌جان پر از یخ با دمای متوسط ۶۰ درجهٔ فارنهایت تبدیل خواهد شد. علاوه بر این، اتمسفر، سیل اشعهٔ ورودی از کیهان را جذب یا مسیر آن‌ها را منحرف می‌کند. بر روی هم، لایه‌بندی گازی اتمسفر با یک لایه بتون حفاظتی به ضخامت ۱۵ فوت برابری می‌کند و بدون وجود چنین محافظی، این میهمانان نامریی از فضای کیهان، مانند دشنه‌هایی کوچک، بدن ما را قاچ‌قاچ می‌کنند. حتی اگر اثر کند کنندهٔ اتمسفر در میان نباشد قطره‌های باران چنان بر ما ضربه خواهند زد که از خود بیخود شویم و بر زمین بیفتیم.

جالب‌ترین نکته در مورد اتمسفر، خیلی زیاد نبودن مقدار آن است. اتمسفر از سطح زمین تا حدود ۱۲۰ مایل ادامه می‌یابد، که اگر از سطح زمین نگریسته شود ممکن است خیلی سخاوتمندانه به نظر برسد ولی اگر کرهٔ زمین را به اندازهٔ یک کرهٔ جغرافیایی رومیزی کوچک کنید، اتمسفر فقط به اندازهٔ چند لایه پوشش رنگ یا جلای روی این کره خواهد بود.

دانشمندان برای تسهیل کارها، اتمسفر را به چهار لایهٔ نابرابر تقسیم می‌کنند: تروپوسفر، استراتوسفر، مزوسفر و یونسفر (که امروزه ترموسفر نامیده می‌شود). تروپوسفر همان بخشی از اتمسفر است که برای ما ارزش فراوان دارد. این لایه به تنهایی از گرما و اکسیژن کافی برای فعال نگهداشتن ما برخوردار است، هرچند همین یکی نیز اگر قدری به سطوح بالاتر صعود کنیم سریعاً برای

زندگی ما نامطلوب و ناسازگار می‌شود. ضخامت تروپوسفر از سطح زمین تا بالاترین نقطهٔ آن به حدود ۱۰ مایل در محل خط استوا و حداکثر شش یا هفت مایل در عرض‌های جغرافیایی معتدل یعنی منطقهٔ زیست اغلب انسان‌ها می‌رسد. هشتاد درصد از حجم اتمسفر، عملاً تمام آب‌های جهان، و نتیجتاً کل آب و هوا در درون همین لایهٔ نازک و تُنُک واقع شده‌اند. بین ما انسان‌ها و دنیای فراموشی، عملاً چندان فاصله‌ای نیست.

بالاتر از تروپوسفر، استراتوسفر قرار دارد. وقتی بالاترین قسمت ابر توفان‌زا را می‌بینید که در آنجا مانند صفحهٔ سندان معمولی تخت می‌شود، در واقع به مرز بین تروپوسفر و استراتوسفر چشم دوخته‌اید. این سقف نامریی، با عنوان ترپوپوز (tropopause یا گشتمرز) نیز شناخته می‌شود و در سال ۱۹۰۲ توسط یک فرانسوی بالون سوار به نام لئون فیلیپ تسران دُبور کشف شد. واژهٔ *pause* در اینجا نه به معنی موقتاً ایستادن بلکه به معنی تماماً از حرکت باز ایستادن است؛ از ریشهٔ یونانی *menopause* (یائسگی) مشتق شده است. تروپوپوز حتی در بزرگ‌ترین بخش خود خیلی از ما دور نیست. یک آنسانسور تندرو از نوعی که در آسمان خراش‌های امروزی نصب می‌شود، می‌تواند انسان را در طی بیست دقیقه به آنجا برساند، هرچند به شما توصیه می‌شود که هیچگاه به چنین سفری تن ندهید. صعودی چنین سریع و بدون تغییر تدریجی فشار هوا، دست کم، به اِدِم‌های شدید مغزی و ریوی و افزایش خطرناک مایعات داخل بافت‌های بدن می‌انجامد. به محض باز شدن درهای سکوی تماشا، هر کسی که داخل باشد یقیناً یا مرده است یا در حال مردن خواهد بود. حتی صعود انجام شده بر اساس اندازه‌گیری‌های بیشتر نیز با ناراحتی‌های بسیار همراه می‌گردد. دمای هوا در فاصلهٔ شش مایلی از سطح زمین ممکن است ۷۰ درجهٔ فارنهایت باشد و ما نیز در آنجا به اکسیژن تکمیلی نیاز خواهیم داشت یا خیلی سپاسگزار خواهیم شد اگر این اکسیژن به ما رسانده شود.

به محض خارج شدن از تروپوسفر، دمای هوا دوباره و بی‌درنگ گرمتر می‌شود و به حدود ۴۰ درجهٔ فارنهایت می‌رسد، که علت آن نیز نقش لایهٔ اوزون در جذب گرما است (و این نیز نکتهٔ دیگری بود که دبور در ضمن صعود جسورانه‌اش در سال ۱۹۰۲ کشف کرد). سپس دما تا حد ۱۳۰- درجهٔ فارنهایت

در مزوسفر پایین می‌آید و ناگهان در ترموسفر (گرما سپهر) به ۲۷۰۰ درجهٔ فارنهایت یا بیشتر می‌رسد. اختلاف دمای روز و شب در اینجا تا هزار درجه متغیر است، هرچند لازم به یادآوری است که «دما» در یک چنان ارتفاعی، کم و بیش به مفهومی نظری تبدیل می‌شود. دما حقیقتاً مقیاسی برای فعالیت مولکول‌ها است. در سطح دریا، مولکول‌های هوا به قدری ضخیم می‌شوند که یک مولکول می‌تواند فقط کوچکترین مسافت ممکن ــ یا به بیان دقیق‌تر، در حدود سه میلیونیم اینچ ــ را بپیماید و سپس به مولکولی دیگر اصابت کند. از آنجا که تریلیون‌ها مولکول دایماً به یکدیگر اصابت می‌کنند، مقادیر انبوهی از حرارت بین آن‌ها مبادله می‌شود. اما در ارتفاع ترموسفر یعنی در پنجاه و چند مایلی، لایهٔ هوا به قدری نازک می‌شود که بین هر زوج مولکول چندین مایل فاصله می‌افتد و آن‌ها از آن پس به ندرت ممکن است با یکدیگر تماس پیدا کنند. بدین ترتیب، با آنکه هر مولکول خیلی گرم است، تعداد اندرکنش‌های بین آن‌ها بسیار اندک است و نتیجتاً انتقال حرارت بسیار کم می‌شود. این یک خبر خوش برای ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی است زیرا اگر مبادلهٔ حرارت از این حد کارآمدتر می‌شد، یک وسیلهٔ ساخت بشر که در آن سطح از مدار به گردش در می‌آید شعله‌ور خواهد شد.

حتی در این حالت، سفینه‌های فضایی باید هنگام ورود به اتمسفر فوقانی، به ویژه هنگام بازگشت به زمین، احتیاط به خرج دهند، مانند آنچه سفینهٔ رفت و برگشت کلمبیا در حادثه‌ای بسیار غم‌انگیز در ماه فوریهٔ ۲۰۰۳ اثبات کرد. با آنکه اتمسفر بسیار نازک است، اگر سفینه‌ای با زاویهٔ خیلی شیب‌دار ــ بیش از حدود ۶ درجه ــ یا با شتاب خیلی زیاد در آن داخل شود می‌تواند به چنان تعداد زیادی از مولکول‌ها اصابت کند که موجب تولید نیروی پسایی فوق‌العاده احتراق‌پذیر شود. بر عکس، اگر سفینه‌ای هنگام بازگشت به زمین با زاویه‌ای بسیار کم عمق وارد ترموسفر شود، بی‌درنگ به فضای پشت سرش برمی‌گردد، مانند ریگی که از روی آب می‌جهد.

اما برای آنکه به یادتان بیاید ما موجودات خاکی تا چه اندازه نومید هستیم لازم نیست حتماً تا مرز اتمسفر پیش بروید. همچنان که هر مقیم کوتاه مدت در یکی از شهرهای مرتفع می‌داند برای آنکه بدن‌تان زبان به اعتراض بگشاید لازم نیست

حتماً چندین هزار فوت از سطح دریا اوج بگیرید. حتی کوه‌نوردان با تجربه و برخوردار از امتیازهایی چون تناسب اندام و آموزش، و همراه داشتن بطری پر از اکسیژن، وقتی به ارتفاعات بالا می‌رسند سریعاً در مقابل سرگیجه، تهوع، از پا افتادگی، سرمازدگی، افت گرمای بدن، میگرن، بی‌اشتهایی، و ده‌ها اختلال بازدارندهٔ دیگر آسیب‌پذیر می‌شوند. بدن انسان به صدها طریق و موکداً به صاحبش یادآور می‌شود که برای عمل کردن در چنین ارتفاعاتی از سطح دریا ساخته نشده است.

پیتر هابلر کوه‌نورد دربارهٔ وضعیت خود در قلهٔ اورست چنین نوشته است: «حتی در مساعدترین شرایط، هر گامی که در آن ارتفاع بر می‌داریم نیازمند اِعمال اراده‌ای قوی و غول‌آسا است. انسان برای انجام دادن هر حرکت و دراز کردن دست برای گرفتن دستگیره‌ای، مجبور است به زور متوسل شود و خودش را به انجام دادن این کارها وادار کند. یک خستگی سنگین و کشنده آدم را تهدید می‌کند.» مت دیکینسُن کوه‌نورد و فیلم‌ساز بریتانیایی نیز در کتاب آن سوی کوه اورست یادآور می‌شود که چگونه هاوارد سامرول در سال ۱۹۲۴ همراه با هیأت کوه‌نوردان اعزامی بریتانیا به کوه اورست «متوجه شد که به دنبال جدا شدن یک تکه گوشت آلوده و بستن راه نای او، از شدت خفگی تا پای مرگ پیش رفت.» سامرول با کوششی غول‌آسا توانست سرفه کند و تکه گوشت را از جلوی نای خودش جدا سازد. وقتی آن را به بیرون تف کرد معلوم شد که «تمام پوشش مخاطی حنجره‌اش کنده شده است.»

احساس درد و ناراحتی جسمانی در ارتفاع بالاتر از ۲۵,۰۰۰ فوت ــ منطقه‌ای که در نزد کوه‌نوردان به منطقهٔ مرگ معروف است ــ چیزی شناخته شده است اما بسیاری از افراد در ارتفاع حداکثر ۱۵,۰۰۰ فوتی نیز شدیداً ناتوان و به طرز خطرناکی بیمار می‌شوند. مستعد بیماری بودن هیچ ربطی به تناسب یا آمادگی جسمانی ندارد. گاهی وقت‌ها دیده شده است که مامان بزرگ در ارتفاعات بالا به راحتی پیش می‌رود ولی نوهٔ جوانش با بدنی آماده‌تر، پایین‌تر از او مانده است تا به دادش برسند و به ارتفاع پایین‌تر انتقالش دهند.

حد تحمل مطلق انسان برای زندگی مستمر در ارتفاعات، ظاهراً چیزی در حدود ۵,۵۰۰ متر یا ۱۸,۰۰۰ فوت است، اما افراد آمادهٔ زندگی در ارتفاعات نیز نمی‌توانند این‌گونه زندگی را تا مدت‌های طولانی تحمل کنند. فرانسیس

اشکرافت در کتاب زندگی در سخت‌ترین شرایط یادآور می‌شود که در ارتفاع ۵,۸۰۰ متری، چندین معدن گوگرد در کوه‌های آند وجود دارند اما کارگرها ترجیح می‌دهند هر روز غروب تا ارتفاع ۴۶۰ متری پایین بیایند و صبح روز بعد به محل کارشان برگردند و تمام ساعات شبانه روز را در آن ارتفاع زندگی نکنند. افرادی که برحسب عادت در ارتفاع بالا زندگی می‌کنند معمولاً از هزاران سال پیش در این نقاط بوده‌اند و دارای سینه و ریه‌ای بی‌قاعده بزرگ شده‌اند و چگالی سلول‌های قرمز اکسیژن‌دار خون‌شان تقریباً تا حدود یک سوم افزایش یافته است، هرچند برای تحمل خون در مقابل ضخیم‌تر شدن سلول‌های قرمز نیز حدودی وجود دارد. گذشته از این، در بالاتر از ارتفاع ۵,۵۰۰ متر، حتی انطباق یافته‌ترین زن نیز نمی‌تواند جنین حاوی اکسیژن کافی برای رساندن آن تا آخرین روز را در بدنش نگهدارد.

در دهۀ ۱۷۸۰ که پرواز آزمایشی با بالون تا ارتفاعات بالا در اروپا آغاز شد، آنچه موجب حیرت بالون سواران می‌شد افزایش سرما به نسبت بالاتر رفتن ایشان در هوا بود. دمای هوا به نسبت هر هزار فوت اوج گرفتن در هوا معادل ۳ درجۀ فارنهایت افزایش پیدا می‌کند. منطق حکم می‌کند که ما هرچه به منبع حرارت نزدیک‌تر شویم، گرمای بیشتری احساس خواهیم کرد. بخشی از دلیل آن وضع این است که ما به معنی واقعی کلمه، ذره‌ای به خورشید نزدیک‌تر نمی‌شویم. فاصلۀ خورشید تا زمین حدود ۱۴۹/۶ میلیون کیلومتر است. اگر چند هزار فوت در جهت نزدیک‌تر شدن به آن پیش برویم مثل این است که در ایالت اوهایو ایستاده باشید و بخواهید یک قدم در جهت نزدیک‌تر شدن به آتشی که در یکی از جنگل‌های استرالیا در گرفته است بردارید و انتظار داشته باشید که دود آن آتش به شمار برسد. پاسخ به این مورد نیز ما را به پرسش مربوط به چگالی مولکول‌ها در اتمسفر بر می‌گرداند. نور خورشید موجب انرژی‌دار شدن اتم‌ها می‌شود. این نور بر سرعت تکان‌های افقی و عمودی آن‌ها می‌افزاید به طوری که در همان حالت به یکدیگر اصابت می‌کنند و موجب آزاد شدن حرارت می‌شوند. وقتی گرمای خورشید را در یک روز تابستانی در پشت خودتان احساس می‌کنید، عملاً همین اتم‌های به هیجان آمده و پر جست‌وخیز را بر پشت‌تان احساس می‌کنید. هر قدر از سطح زمین بالاتر بروید از تعداد مولکول‌ها کاسته می‌شود، و

به همین علت تعداد برخوردهای آن‌ها به یکدیگر نیز کمتر می‌شود.

هوا، ماده‌ای فریبنده است. ما، حتی در سطح دریا، هوا را چیزی اثیری و تماماً بی‌وزن تصور می‌کنیم. در واقعیت، هوا حجم بسیار بزرگی دارد، و همین حجم در اغلب موارد، خودش را بر ما تحمیل می‌کند. به گفتهٔ یکی از دانشمندان علوم دریایی به نام وایویل تامسن در سدهٔ گذشته: «گاهی، وقتی بامدادان از خواب بیدار می‌شویم، متوجه می‌شویم که بر اثر افزایشی معادل یک اینچ در بارومتر، باری معادل حدود نیم تن در طی ساعات شب بر روی ما انباشته شده است، ولی ما هیچ احساس ناراحتی نمی‌کنیم بلکه نوعی شادی و جهندگی در خود احساس می‌کنیم زیرا تکان دادن بدن‌مان در محیط چگال‌تر به نیرو و تلاش کمتری نیاز دارد.» علت اینکه هیچگونه احساس خرد شدگی در زیر آن نیم تن فشار اضافی به ما دست نمی‌دهد همان علتی است که نمی‌گذارد بدن‌مان در اعماق دریا درهم شکسته و خرد شود: بخش بزرگی از بدن ما از مایعات تراکم‌ناپذیری تشکیل شده است که خود به بیرون فشار می‌آورند و موجب برقراری تعادل بین فشارهای داخل و خارج از بدن می‌شوند.

اما اگر هوای در حرکت، مثلاً تندباد یا حتی نسیم شدید را در نظر بگیرید بلافاصله متوجه خواهید شد که چه حجم بزرگی دارد. بر روی هم در اطراف ما چیزی در حدود ۵۲۰۰ میلیون میلیون تن هوا ــ یعنی ۲۵ میلیون تن برای هر مایل مربع کرهٔ زمین ــ هوا وجود دارد که چندان بی‌اهمیت نیست. وقتی با میلیون‌ها تن اتمسفری سر و کار پیدا می‌کنید که با سرعت سی و چهل مایل در ساعت حرکت می‌کند، هیچ در شگفت نمی‌شوید اگر دست و پایتان بشکند یا کاشی‌های پشت بام از جا کنده شوند. به گفتهٔ آنتونی اسمیت، هر جبههٔ هوا ممکن است از ۷۵۰ میلیون تن هوای سردگیر افتاده در زیر یک میلیارد تن هوای گرمتر تشکیل شود. نتیجهٔ چنین پدیده‌ای، همواره برای هواشناسان جالب و هیجان‌انگیز بوده است.

در دنیای بالای سر ما، بدون تردید، هیچگونه کمبود انرژی وجود ندارد. بر طبق محاسبات انجام شده، انرژی یک توفان تندری می‌تواند معادل چهار روز مصرف برق سراسر ایالت متحد آمریکا باشد. در شرایط مناسب، ابرهای توفان‌زا می‌توانند تا ارتفاعاتی از ۶ تا ۱۰ مایل در آسمان بالا بروند و فراهنج‌ها و فروهنج‌هایی معادل صد مایل در ساعت داشته باشند. این ابرها غالباً پهلو به

پهلوی یکدیگر حرکت می‌کنند و به همین علت است که خلبان‌ها معمولاً علاقه‌ای به پرواز از میان آن‌ها ندارند. بر روی هم ذرات ایجاد کنندهٔ آشفتگی درونی ابرها، بار الکتریکی را به خود جذب می‌کنند. به دلایلی که تاکنون به درستی بر ما روشن نشده است، ذرات سبکتر معمولاً دارای بار مثبت می‌شوند و به وسیلهٔ جریان‌های هوا به سمت بالای ابر هدایت می‌شوند. ذرات سنگین‌تر، در قسمت قاعده می‌مانند و دارای بار منفی می‌شوند. این ذرات دارای بار منفی، تمایلی شدید به حرکت در جهت حرکت به سوی زمین با بار مثبت و خوشبختانه، هر آنچه در سر راه‌شان واقع شده باشد از خود نشان می‌دهند. یک تکه صاعقه با سرعت ۲۷۰,۰۰۰ مایل در ساعت حرکت می‌کند و می‌تواند هوای پیرامونش را قطعاً تا ۵۰,۰۰۰ درجهٔ فارنهایت گرم‌تر کند، که چندین برابر گرمای سطح خورشید است. در هر لحظه، چیزی در حدود ۱,۸۰۰ توفان تندری در سراسر کرهٔ زمین ــ هر روز ۴۰,۰۰۰ مورد ــ در جریان است. در شبانه‌روز، هر ثانیه در حدود ۱۰۰ صاعقه به زمین اصابت می‌کنند. آسمان، جایی پر جوش و خروش است.

بخش بزرگی از اطلاعات بشر دربارهٔ آنچه در آسمان بالای سرمان می‌گذرد، متأسفانه تازگی دارد. جت استریم‌ها (رود بارها) که معمولاً در فاصلهٔ ۳۰,۰۰۰ تا ۳۵,۰۰۰ فوتی از سطح زمین واقع شده‌اند، می‌توانند با سرعت حداکثر ۱۸۰ مایل در ساعت به حرکت درآیند و بر سیستم‌های آب و هوای سراسر قاره‌ها تأثیر بگذارند، اما تا زمانی که خلبان‌های نظامی در جریان جنگ جهانی دوم از درون آن‌ها پرواز نکرده بودند، تصور نمی‌شد که اصولاً وجود داشته باشند. حتی امروزه، بخش بزرگی از پدیده‌های جوی ناشناخته مانده است. شکلی از حرکت موجی، که آشفتگی هوای صاف نامیده می‌شود، گاهی به پرواز هواپیماها توانی تازه می‌بخشد. سالانه بیست مورد از این تصادف‌ها به قدری اهمیت پیدا می‌کنند که باید به سراسر جهان گزارش شوند. این تصادف‌ها، با انواع ابرها یا هر چیز دیگری که با چشم یا به کمک رادار قابل ردیابی باشد ارتباطی ندارند. آنچه باعث این تصادف‌ها می‌شود وجود انبوهه‌هایی با آشفتگی تکان دهنده در میان آسمان صاف و نیلگون است. در یک مورد از چنین تصادف‌هایی، هواپیمایی که از سنگاپور به سیدنی پرواز می‌کرد در حال پرواز از فراز استرالیای مرکزی در هوایی بسیار آرام بود که ناگهان به اندازهٔ سیصد فوت از ارتفاع خود به پایین فرو افتاد

ـ همین باعث کوبیده شدن مسافران کمربند نبسته به سقف هواپیما گردید. دوازده نفر زخمی شدند، که زخم‌های وارد بر یکی از آن‌ها بسیار خطرناک بود. هیچ کس نمی‌داند علت یک چنین گسستگی‌هایی در سلول‌های هوا چیست.

فرآیندی که هوا را در اتمسفر به گرد کرهٔ زمین به حرکت در می‌آورد همان فرآیندی است که موتور درونی هواپیما را به حرکت در می‌آورد، یعنی فرآیند همرفت. هوای مرطوب وگرم از مناطق استوایی به هوا بر می‌خیزد تا آنکه به مانع تروپوپوز برخورد کند و پخش شود. این هوا همچنان که از خط استوا فاصله می‌گیرد و سردتر می‌شود، به سطوح پایین‌تر سقوط می‌کند. وقتی به سطح تحتانی رسید، بخشی از هوای فرو ریخته به دنبال منطقه‌ای کم فشار می‌گردد تا آن را پر کند و سپس به سوی استوا بر می‌گردد و این مدار را تکمیل می‌کند.

در استوا، فرآیند همرفت معمولاً پایدار است و هوا نیز به طرزی قابل پیش‌بینی آرام است، اما در مناطق معتدل، این الگوها فصلی‌تر، موضعی و تصادفی می‌شوند؛ که نتیجهٔ آن بروز پیکاری بی‌پایان بین سیستم‌های هوای پر فشار وکم فشار است. سیستم‌های کم فشار به وسیلهٔ هوایی که رو به بالا می‌رود به وجود می‌آیند، که همین به انتقال مولکول‌های آب به آسمان و تشکیل ابرها و سرانجام بارش باران می‌انجامد. هوای گرم می‌تواند بیش از هوای سرد در خود رطوبت نگهدارد، و به همین علت است که توفان‌های گرمسیری و تابستانی معمولاً سنگین‌ترین توفان‌ها هستند. بدین ترتیب ناحیه‌های پست معمولاً با ابر و باران ارتباط دارند و ناحیه‌های مرتفع عموماً هوای آفتابی و خوب به دنبال می‌آورند. وقتی دو سیستم از این سیستم‌ها با یکدیگر تلاقی کنند، برخوردشان معمولاً باعث تشکیل ابر می‌شود. مثلاً ابرهای استراتوس ـ ابرهای پخش و پلای دوست نداشتنی و یکدست که آسمان را تیره و گرفته جلوه می‌دهند ـ زمانی تشکیل می‌شوند که فراهنج‌های پر رطوبت، نیروی لازم برای از هم شکافتن یک لایه هوای پایدارتر را بر فراز خود ندارند اما در عوض، مانند دودی که به سقف رسیده باشد، به اطراف پخش و پلا می‌شوند. به بیان دقیق‌تر، اگر گاهی شخصی را که سیگار دود می‌کند زیر نظر بگیرید، می‌توانید تصویری صحیح از سیر تحول

دود به دنبال برخاستن از سیگار روشن در اتاقی با هوای آرام به دست آورید. دود، نخست یکراست رو به بالا می‌رود (اگر می‌خواهید کسی را تحت تأثیر قرار دهید، این را یک جریان آرام می‌نامند)، و سپس در لایه‌ای پخشیده و موج‌گونه به اطراف گسترش می‌یابد. بزرگترین اَبَرکامپیوتر جهان، که اندازه‌گیری‌ها و محاسباتش را در محیطی دقیقاً کنترل شده انجام می‌دهد، نمی‌تواند به شما بگوید که این موج‌ها چه شکل‌هایی به خود خواهند گرفت. بدین ترتیب، می‌توانید مشکلاتی را که هواشناسان در تلاش برای پیش‌بینی این‌گونه حرکات در یک دنیای چرخنده و پر باد با مقیاس بزرگ پیش‌رو دارند در نظر مجسم کنید.

آنچه ما یقیناً می‌دانیم این است که چون گرمای برخاسته از خورشید معمولاً یکنواخت توزیع نمی‌شود، اختلاف فشار در هوای سطح زمین را به دنبال می‌آورد. هوا چون نمی‌تواند چنین چیزی را تحمل کند شتابان به اطراف یورش می‌آورد و می‌کوشد در هر آنچه پیرامونش قرار گرفته تعادل ایجاد کند. هوا همیشه از ناحیه‌های پر فشار به ناحیه‌های کم فشار جریان می‌یابد (همچنان که انتظار می‌رود، هر چیزی را که دارای هوای تحت فشار است ــ مانند بالون یا مخزن هوا ــ در نظر آورید یا مجسم کنید همین هوای فشرده با چه اصراری می‌خواهد به جایی دیگر راه پیدا کند)، و اختلاف فشار هر قدر بیشتر باشد سرعت جریان یا وزش هوا همان قدر بیشتر می‌شود.

از قضا، سرعت باد، مانند بسیاری چیزها که در یک جا انباشته می‌شوند، به طور تصاعدی افزایش می‌یابد. بدین ترتیب، بادی که با سرعت دویست مایل در ساعت می‌وزد در مقایسه با بادی که با سرعت بیست مایل در ساعت می‌وزد فقط ۱۰ بار قوی‌تر نیست بلکه ۱۰۰ بار قوی‌تر ــ و نتیجتاً به همان اندازه ویرانگرتر ــ است. کافی است چندین میلیون تن هوا را بر این اثر شتاب دهنده بیفزایید تا به نتیجه‌ای با انرژی خارق‌العاده برسید. یک توفان گرمسیری می‌تواند انرژی مصرفی ملتی با جمعیت متوسط بریتانیا یا فرانسه در یک سال تمام را طی بیست و چهار ساعت آزاد کند.

گرایش اتمسفر به پیدا کردن تعادل، نخستین بار توسط ادمند هالی ــ مردی که در همه جا حضور داشت ــ مطرح و در سدهٔ هیجدهم توسط یک بریتانیایی دیگر به نام جورج هدلی تکمیل شد. هدلی متوجه شد که ستون‌های بالارونده و

پایین روندهٔ هوا معمولاً موجب تولید «سلول»هایی می‌شوند (که از آن روز تاکنون عنوان «سلول‌های هدلی» بر آن‌ها نهاده شده است). هدلی با آنکه به شغل قضاوت می‌پرداخت، شدیداً به آب و هوا علاقه داشت (هرچه باشد یک انگلیسی بود) و علاوه بر آن به وجود یک حلقهٔ رابط بین این سلول‌ها، چرخش زمین، و انحراف‌های ظاهری هوا که موجب پیدایش بادهای بسامان می‌شوند، اشاره کرد. اما کسی که جزییات این اندرکنش‌ها را در سال ۱۸۳۵ محاسبه کرد یک استاد مهندسی به نام گوستاو-گاسپار دوکوریولیس از دانشکدهٔ پلی‌تکنیک پاریس بود، و به همین دلیل، ما نیز نتیجهٔ پژوهش‌های او را اثر کوریولیس می‌نامیم. (یک امتیاز دیگر کوریولیس در دانشکدهٔ پلی‌تکنیک پاریس، ابداع دستگاه‌های آب خنک‌کن بود که فرانسوی‌ها ظاهراً هنوز هم دستگاه آب خنک کن را Corios می‌نامند.) کرهٔ زمین با سرعت حیرت‌انگیزی معادل ۱۰۴۱ مایل در ساعت در امتداد خط استوا به گرد محور خود می‌چرخد، اما هر قدر در جهت قطبین زمین پیش برویم به طرز چشمگیری از این سرعت کاسته می‌شود و مثلاً در پاریس یا لندن به حدود ۶۰۰ مایل در ساعت می‌رسد. علت این پدیده، وقتی اندکی درباره‌اش بیندیشید، روشن است و بی‌نیاز از توضیح. اگر روی خط استوا ایستاده باشید، کرهٔ زمین برای آنکه شما را به جای خودتان بازگرداند مجبور است مسافتی بسیار طولانی ــ در حدود ۴۰,۰۰۰ کیلومتر ــ را طی کند. اما اگر در کنار قطب شمال ایستاده باشید، برای تکمیل کردن یک بار گردش زمین ممکن است مجبور شوید یک مسافت چند فوتی را طی کنید، با این حال در هر دو مورد، بازگرداندن شما به نقطهٔ آغاز حرکت‌تان بیست و چهار ساعت طول خواهد کشید. بدین ترتیب، نتیجه می‌شود که هرچه به خط استوا نزدیک‌تر شوید چرخش‌تان باید به همان اندازه تندتر شود.

اثر کوریولیس نشان می‌دهد که چرا هر شئ، در صورتی که به خط مستقیم و مماس با چرخش کرهٔ زمین در هوا به حرکت درآید و با داشتن فاصلهٔ کافی، همزمان با چرخیدن زمین در زیر آن، به نظر خواهد رسید که در نیمکرهٔ شمالی به سمت راست و در نیمکرهٔ جنوبی به سمت چپ انحنا پیدا می‌کند. شیوهٔ متعارف برای پیش بینی این وضعیت آن است که خودتان را در مرکز یک چرخ و فلک بزرگ مجسم کنید که توپی را به سوی کسی پرت می‌کنید که در لبهٔ چرخ و فلک

ایستاده است. در لحظه‌ای که توپ به محیط چرخ و فلک می‌رسد، شخصی که توپ به سویش پرت شده بود اندکی جلوتر رفته است و توپ از پشت سر او عبور می‌کند. از دیدگاه وی، چنین به نظر می‌رسد که توپ انحنا پیدا کرده و از او فاصله گرفته است. این همان اثر کوریولیس است و همان چیزی است که موجب پیچش سیستم‌های هوا می‌شود و توفان‌ها را همچون فرفره‌های چرخان به هوا می‌فرستد. همچنین، اثر کوریولیس نشان می‌دهد که چرا توپ‌های دریایی شلیک کنندهٔ گلوله‌های توپخانه‌ای مجبورند موضع خود را به راست یا چپ تنظیم کنند؛ در غیر این صورت، گلولهٔ توپی که از فاصلهٔ پانزده مایلی شلیک می‌شود، در حدود صد یارد از هدفش منحرف می‌شود و بی هیچ خطری، تلاپی در دریا فرو می‌افتد.

* * *

باتوجه به اهمیت علمی و روان‌شناختی آب و هوا برای تک‌تک انسان‌ها، جای تعجب است که هواشناسی تا اندکی پیش از آغاز سدهٔ نوزدهم حقیقتاً به صورت یک علم وارد میدان نشد (ولی خود اصطلاح *meteorology* به معنی هواشناسی از سال ۱۶۲۶ که توسط گرانگر نامی در یک کتاب مربوط به منطق ابداع شد، در زبان انگلیسی رواج داشته است).

بخشی از مسأله از آنجا سرچشمه می‌گیرد که هواشناسی موفقیت‌آمیز مستلزم اندازه‌گیری دقیق دماها است، و ساخت دماسنج نیز سال‌های متمادی، خیلی سخت‌تر از آن بود که امروزه تصور می‌شود. قرائت دقیق دماسنج بستگی داشت به ایجاد یک سوراخ بسیار تراز در یک لولهٔ شیشه‌ای، و این نیز کار ساده‌ای نبود. نخستین کسی که این مشکل را حل کرد دانیل گابریل فارنهایت، سازندهٔ ابزارهای دقیق در دانمارک بود که در سال ۱۷۱۷ به ساختن یک دماسنج دقیق توفیق یافت. ولی به دلایل نامعلوم، ابزارش را طوری کالیبره کرد که نقطهٔ انجماد را در ۳۲ درجه و نقطهٔ جوش را در ۲۱۲ درجه قرارداد. این خود محوری عددی از همان آغاز مایهٔ دردسر برخی‌ها شد، به طوری که در سال ۱۷۴۲ یک اخترشناس سوئدی به نام آندرس سلسیوس، مقیاسی رقیب در برابر آن ابداع کرد. سلسیوس برای اثبات این فرض که مخترعان به ندرت می‌توانند همهٔ کارها را درست انجام دهند، در مقیاس خودش صفر را برای نقطهٔ جوش و ۱۰۰ را برای نقطهٔ انجماد در نظر گرفت، اما این ترتیب نیز پس از اندک مدتی معکوس شد.

شخصی که اغلب موارد به عنوان پدر هواشناسی جدید از او یاد می‌شود یک داروساز انگلیسی به نام لوک هاوارد بود که در آغاز سدهٔ نوزدهم به شهرت رسید. امروزه از هاوارد عمدتاً به این علت یاد می‌شود که در سال ۱۸۰۳ ابرها را نام‌گذاری کرد. او با آنکه از اعضای فعال و مورد احترام انجمن لینه به شمار می‌رفت و اصول لینه را در طرح جدیدش به کار گرفت، انجمن نسبتاً گمنام‌تری به نام انجمن اسکزین را به عنوان تریبونی آزاد برای اعلام سیستم طبقه‌بندی جدید خویش برگزید. (انجمن اسکزین، همچنان که در یکی از فصل‌های پیشین دیدیم، انجمنی بود که اعضایش به طرزی خارق‌العاده شیفتهٔ لذت‌های حاصل از اکسید نیترو بودند، به همین دلیل فقط می‌توان امیدوار بود که به سخنان هاوارد با هشیاری لازم گوش داده باشند. این، همان نکته‌ای است که اندیشمندان هاوارد شناس به طرز عجیبی درباره‌اش سکوت اختیار می‌کنند.)

هاوارد ابرها را به سه گروه تقسیم کرد: استراتوس برای ابرهای لایه‌لایه، کومولوس برای ابرهای پشته‌ای، و سیروس برای ابرهای طره‌ای، که ظاهری نازک و پَر مانند دارند و پیش از رسیدن هوای سرد تشکیل می‌شوند. بعدها اصطلاح چهارم یعنی نیمبوس را به معنی ابرهای بارانی بر آن تقسیم‌بندی افزود. زیبایی سیستم هاوارد در این بود که اجزای اصلی آن را می‌شد به راحتی و از نو با یکدیگر ترکیب کرد و برای توصیف ابرهای گذری با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف ــ استراتوکومولوس، سیروستراتوس، کومولوکونجستوس، و مانند اینها ــ به کار گرفت. این سیستم، سریعاً در انگلستان و کشورهای دیگر پذیرفته شد و رواج یافت. یوهان فون گوته شاعر آلمانی چنان تحت تأثیر این سیستم قرار گرفت که چهار شعر در ستایش از هاوارد سرود.

با گذشت سال‌ها، اجزای بسیار دیگری بر سیستم هاوارد افزوده شده است به طوری که کتاب دایرةالمعارف گونه اما کمتر مطالعه شدهٔ اطلس بین‌المللی ابرها به دو جلد رسیده است. اما نکتهٔ جالب توجه اینجاست که تمام انواع ابرهای افزوده شده پس از هاوارد ــ مانند ماماتوس، پیلئوس، بنولوسیس، اسپیساتوس، فلوکوس، و مدیوکریس به عنوان چند نمونه ــ در خارج از عرصهٔ هواشناسی، هیچ‌گاه به گوش کسی نرسیده‌اند، و در خود هواشناسی نیز خیلی‌ها با آن‌ها آشنایی ندارند. از قضا، در نخستین ویرایش این اطلس که در سال ۱۸۹۶ با تعداد

صفحاتی بمراتب کمتر انتشار یافت، ابرها به ده نوع اصلی تقسیم شده بودند که چاق‌ترین و بالشتک مانندترین ابر از آن میان، ابر شماره ۹ یا کومولونیمبوس نام داشت.* در زبان انگلیسی، اصطلاح to be on cloud nine با معنی تحت‌الفظی «روی ابر شماره ۹ بودن») و به معنی کاربردی «بی‌نهایت خوشحال»، ظاهراً از همین جا سرچشمه گرفته است.

با وجود حجم بزرگ و هیجان‌زدگی ابر توفان‌زا با کلهٔ سندانی شکل، ابر متوسط معمولاً چیزی بی‌خطر و به طرز حیرت‌انگیزی ضعیف است. هر ابر پرزدار تابستانی از نوع کومولوس با یک ضلع چند صد یاردی، ممکن است حاوی بیش از بیست و پنج یا سی گالن آب نباشد ـ به گفتهٔ جیمز ترفیل: «تقریباً کافی برای پر کردن وان حمام.» برای آنکه بتوانید تصوری از کیفیت غیر مادی ابرها به دست آورید باید سلانه سلانه از میان مه بگذرید ـ که آن نیز بر روی هم چیزی جز یک ابر فاقد ارادهٔ پرواز کردن نیست. باز به گفتهٔ ترفیل: «اگر به اندازهٔ ۱۰۰ یارد با پای پیاده از میان یک مه معمولی بگذرید، فقط با چیزی در حدود نیم اینچ مکعب آب تماس پیدا خواهید کرد ـ که برای یک جرعه نوشیدنی هم کفایت نمی‌کند.» در نتیجه، ابرها مخازن بزرگ آب نیستند. فقط چیزی در حدود ۰/۰۳۵ درصد آب شیرین کرهٔ زمین در هر لحظه‌ای از زمان در بالای سرما به حالت شناور وجود دارد.

برحسب اینکه مولکول آب در کجا فرود آید، آیندهٔ آن بسیار متفاوت خواهد بود. اگر در خاک حاصلخیز فرود آید به وسیلهٔ گیاهان جذب خواهد شد یا آنکه به فاصلهٔ چند ساعت یا چند روز و مستقیماً دوباره تبخیر خواهد شد. اما اگر به درون آب‌های زیرزمینی راه یابد، ممکن است تا سال‌های سال در برابر روشنایی آفتاب قرار نگیرد ـ اگر به اعماق زمین برود، این دوره ممکن است به

---

* اگر تاکنون هیچ‌گاه از مشاهدهٔ لبه‌های زیبا و مشخص ابرهای کومولوس در شگفت نشده‌اید، در صورتی که سایر ابرها بمراتب نامشخص‌ترند، توضیح ما آن است که در هر ابر کومولوس یک مرز مشخص بین فضای اندرون مربوط به آن ابر و هوای خشک پشت آن وجود دارد. هر مولکول آب که در فاصله‌ای از لبهٔ این ابر سرگردان شود بی‌درنگ به وسیلهٔ هوای خشک پشت آن از کار انداخته می‌شود و امکان حفظ لبه‌های ظریف را برای ابر فراهم می‌آورد. خیلی بالاتر، ابرهای سیروس از یخ تشکیل می‌شوند، و منطقهٔ واقع در فاصلهٔ بین لبهٔ ابر و هوای پشت ابر در آن‌ها با وضوح چندانی مشخص نمی‌شود و به همین دلیل است که لبه‌های آن‌ها معمولاً نامشخص است.

هزاران سال برسد. وقتی به دریاچه‌ای چشم می‌دوزید، در حقیقت به مجموعه‌ای از مولکول‌هایی نگاه می‌کنید که به طور متوسط نزدیک به ۱۰ سال در آنجا بوده‌اند. در اقیانوس، تصور می‌شود زمان اقامت مولکول، بیشتر به مرز صد سال برسد. بر روی هم چیزی نزدیک به ۶۰ درصد مولکول‌های آب در هر بارندگی، به فاصلهٔ یک یا دو روز به اتمسفر باز می‌گردند. این مولکول‌ها به محض آنکه تبخیر شدند، بیش از یک یا دو هفته ـ یا دوازده روز به گفتهٔ درووری ـ در آسمان نمی‌مانند و دوباره به صورت باران به زمین باز می‌گردند.

تبخیر، فرآیندی سریع است، همچنان که به سادگی از سرنوشت یک چالهٔ آب باران در تابستان می‌توان استنباط کرد. حتی دریایی به بزرگی دریای مدیترانه، اگر دایماً دوباره پر آب نشود در طی هزار سال می‌خشکد. چنین حادثه‌ای، در کمتر از شش میلیون سال پیش رخ داد و تغییراتی را به دنبال آورد که در علم با عنوان بحران درجهٔ شوری مسینین از آن نام برده می‌شود. آنچه در این بحران رخ داد این بود که حرکت قاره‌ای، تنگهٔ جبل‌الطارق را مسدود کرد. با خشک کردن دریای مدیترانه، محتویات تبخیر شدهٔ آن به شکل باران در دریاهای دیگر باریدند و تا حدودی از شدت درجهٔ شوری آن‌ها کاستند ـ به بیان دقیق‌تر، چنان موجب رقیق‌تر شدن آن‌ها گردیدند که در مقایسه با حالت عادی، در مناطق وسیعی یخ بستند. منطقهٔ پهناور یخ زده، بیشتر بر اثر گرمای خورشید به عقب جهید و زمین را وارد عصر یخ کرد. دست کم از لحاظ نظری چنین است.

آنچه بدون تردید حقیقت دارد، تا جایی که برای ما قابل تشخیص است، آن است که تغییری کوچک در حرکات کرهٔ زمین می‌تواند بازتاب‌هایی خارج از قدرت تخیل ما داشته باشد. چنین حادثه‌ای، همچنان که در صفحات بعد خواهیم دید، حتی ممکن است موجب آفرینش ما شده باشد.

اقیانوس‌ها موتورخانهٔ واقعی رفتارهای کرهٔ زمین در سطح آن هستند. به بیان دقیق‌تر، هواشناسان، اقیانوس‌ها و اتمسفر را روز به روز بیشتر به صورت یک سیستم واحد در نظر می‌گیرند، و به همین دلیل است که ما نیز در اینجا باید آن‌ها را مختصراً مورد توجه قرار دهیم. آب از لحاظ نگهداشت و حمل و انتقال

حرارت، ماده‌ای اعجاب‌انگیز است. گلف استریم (جریان گلف)، هر روز مقداری حرارت به سوی اروپا حمل می‌کند که معادل ۱۰ سال زغال سنگ تولیدی جهان است. به همین علت است که بریتانیا و ایرلند در مقایسه با کانادا یا روسیه، آب و هوایی چنین معتدل دارند.

ولی خود آب نیز تدریجاً گرم می‌شود، و به همین علت است که می‌بینیم آب دریاچه‌ها و استخرها حتی در گرم‌ترین روزها سرد است. به این علت، معمولاً نوعی تأخیر بین آغاز رسمی و نجومی یک فصل و احساس واقعی آغاز شدن آن فصل وجود دارد. بدین ترتیب، بهار در نیمکرهٔ شمالی ممکن است در ماه مارس (فروردین) آغاز شود ولی تا رسیدن به اوایل ماه آوریل (اردیبهشت) در بیشتر جاها چنین چیزی احساس نمی‌شود.

اقیانوس‌ها یک بستر پر آب یکنواخت نیستند. اختلاف دمای بین آن‌ها، درجهٔ شوری، عمق، چگالی، و مانند اینها، تأثیرات عظیمی در چگونگی انتقال حرارت به وسیلهٔ آن‌ها دارد، که این نیز به نوبهٔ خود در آب و هوا تأثیر می‌گذارد. مثلاً درجهٔ شوری اقیانوس اطلس از اقیانوس آرام بیشتر است، که این بسیار خوب است. آب شورتر، چگال‌تر است و آب چگال نیز به زیر آب کم نمک‌تر می‌رود. جریان‌های موجود در اقیانوس اطلس بدون وجود مقادیر نمک اضافی در آن تا شمالگان ادامه می‌یابند و موجب گرم شدن آن می‌گردند اما اروپا را از آن همه گرمای پر مهر محروم می‌سازند. عامل اصلی انتقال حرارت در سطح کرهٔ زمین، چیزی است که گردش ترموهالین (thermohaline جریان عمقی) نامیده می‌شود و از جریان‌های آرام و عمیق در زیر زمین سرچشمه می‌گیرد. این فرآیند نخستین‌بار در سال ۱۷۹۷ توسط کنت فون رامفرد* شناسایی شد. آنچه در این حالت رخ می‌دهد این است که آب‌های سطحی، همزمان با نزدیک‌تر شدن به

* این اصطلاح در نزد افراد مختلف، ظاهراً با معنای متفاوتی به کار برده شده است. کارل وونش از مؤسسهٔ فناوری ماساچوست (MIT) در نوامبر ۲۰۰۲ گزارشی در مجلهٔ *Science* انتشار داد: «گردش ترموهالین چیست؟» در این گزارش، وی متذکر می‌شود که از این اصطلاح در نشریات معتبر برای اشاره به حداقل هفت پدیدهٔ مختلف استفاده شده است (گردش جریان در سطح مغاکی، گردش جریان به حرکتِ درآمده بر اثر اختلاف چگالی یا شناوری، «گردش جنوب چرخان جرم،» و مانند اینها) ــ هر چند جملگی آن‌ها با گردش جریان‌های اقیانوسی و انتقال حرارت با همان معنی احتیاطاً گنگ و جامعی که در این جا به کار گرفته شده است ارتباط پیدا می‌کنند.

اروپا، چگال می‌شوند، در اعماق اقیانوس فرو می‌روند، و تدریجاً سفر آرام خود را برای بازگشت به نیمکرهٔ جنوبی آغاز می‌کنند. این آب‌ها وقتی به جنوبگان می‌رسند، در جریان پیراقطبی جنوبگان ادغام می‌شوند و از آنجا به سوی اقیانوس آرام کشانده می‌شوند. این فرآیند، بسیار کُند انجام می‌شود ــ حرکت آب از شمالگان تا میانه‌های اقیانوس آرام، گاهی ۱۵۰۰ سال به درازا می‌کشد ــ اما حجم آب و حرارتی که این جریان‌ها با خود جابه‌جا می‌کنند بسیار کلان و دامنهٔ تأثیر آن بر آب و هوای کرهٔ زمین خارق‌العاده است.

(اما در مورد این مسأله که چگونه می‌توان پی برد که حرکت یک قطره آب از یک اقیانوس به اقیانوسی دیگر احتمالاً چه مدت زمانی به درازا می‌کشد، پاسخ به این ترتیب است که دانشمندان می‌توانند مواد مرکب موجود در آب، مانند کلروفلوروکربن‌ها را اندازه‌گیری کنند و مشخص سازند که این مواد آخرین بار از چه زمانی در هوا وجود داشته‌اند. با مقایسهٔ انبوه اندازه‌گیری‌های انجام شده از اعماق و نقاط مختلف، مطلقاً می‌توانند نقشهٔ حرکات آب را تهیه کنند.)

گردش ترموهالین نه فقط موجب انتقال حرارت به اطراف می‌شود بلکه در به هم زدن مواد مغذی به هنگام افت وخیز نیز مفید واقع می‌شود، و احجام بزرگتری از آب اقیانوس را برای ماهی‌ها و دیگر موجودات دریایی قابل سکونت می‌گرداند. متأسفانه چنین به نظر می‌رسد که این گردش، احتمالاً در برابر تغییرات محیطی خیلی حساس است. با استناد به شبیه سازی‌های کامپیوتری، حتی کاهشی اندک در مقدار نمک آب اقیانوس ــ مثلاً بر اثر افزایش مقدار لایه‌های یخ ذوب شده در گرینلند ــ می‌تواند این چرخه را به شکلی فاجعه‌آمیز از هم بگسلد.

دریاها یک لطف بزرگ دیگر در حق ما انجام می‌دهند. حجم عظیمی از کربن را در خود جذب می‌کنند و به ابزاری برای مهار کردن و بی‌خطر کردن آن تبدیل می‌شوند. یکی از عجایب منظومهٔ شمسی ما آن است که خورشید در حال حاضر با درخششی معادل ۲۵ درصد بیش از دوران جوانی منظومهٔ شمسی بر ما می‌تابد. این تغییر، تاکنون می‌بایست گرمای زمین را از آنچه هست بسی بیشتر افزایش می‌داد. به بیان دقیق‌تر، همچنان که اوبری مانینگ زمین‌شناس انگلیسی گفته است: «این تحول غول‌آسا می‌بایست تاثیری فاجعه‌بار بر زمین می‌داشت ولی هنوز به نظر می‌رسد که دنیای ما چندان از آن متأثر نشده است.»

پس چه چیزی موجب پایدار و سرد ماندن جهان می‌شود؟

حیات چنین می‌کند. تریلیون‌ها تریلیون انداموارهٔ ریز دریایی، که ما غالباً حتی نام‌شان را نشنیده‌ایم ـ روزن‌داران و کوکولیت‌ها و جلبک‌های آهکی ـ کربن اتمسفر را هنگامی که به شکل باران فرو می‌ریزد به شکل کربن دی‌اکسید جذب می‌کنند و (پس از ترکیب با چیزهای دیگر) برای ساخت صدف کوچک‌شان به مصرف می‌رسانند. آن‌ها با محبوس کردن کربن در صدف خود از دوباره تبخیر شدن و داخل شدنش در اتمسفر و تبدیل شدنش به گاز خطرناک گلخانه‌ای جلوگیری می‌کنند. سرانجام، تمام روزن‌داران کوچک و کوکولیت‌ها و مانند اینها می‌میرند و به کف دریا فرو می‌ریزند و در آنجا به صورت سنگ آهک ترکیب و ساخته می‌شوند. وقتی پدیدهٔ طبیعی خارق‌العاده‌ای چون صخره‌های سفید ساحل داور در انگلستان را مورد مشاهده قرار می‌دهیم اندیشیدن به اینکه صخره‌های مزبور از چیزی جز اندامواره‌های مردهٔ دریایی ساخته نشده‌اند انسان را به شگفتی وامی‌دارد، و از آن شگفت‌انگیزتر زمانی است که دریابیم اینها بر روی هم چه مقدار کربن جذب کرده‌اند. یک مکعب شش اینچی از گچ داور، چیزی در حدود بیش از یک هزار لیتر کربن دی‌اکسید فشرده در خود دارد که اگر غیر از این می‌بود نمی‌توانست کوچک‌ترین خیری برای انسان داشته باشد. بر روی هم، مقدار کربن محبوس شده در صخره‌های کرهٔ زمین بیست هزار برابر مقدار کربن موجود در اتمسفر است. سرانجام، بخش بزرگی از آن سنگ آهک به مصرف تغذیهٔ آتشفشان‌ها خواهد رسید و کربن به اتمسفر بازخواهد گشت و همراه باران بر سطح زمین خواهد نشست، و به همین دلیل است که کل این فرآیند را چرخهٔ بلندمدت کربن می‌نامند. این فرآیند به مدت زمانی بس طولانی نیاز دارد ـ در حدود پانصد هزار سال برای یک اتم کربن معمولی ـ اما در غیاب هرگونه عامل مزاحم، به خوبی در پایدار نگاه‌داشتن آب و هوا مؤثر واقع می‌شود.

متأسفانه، ما انسان‌ها آمادگی بی‌قیدانه‌ای برای از هم گسیختن این چرخه با وارد کردن مقادیر کلانی از کربن به درون اتمسفر داریم، چه روزن‌داران برای پذیرش آن آمادگی داشته باشند چه نداشته باشند. برآورد شده است که از سال ۱۸۵۰ تاکنون انسان چیزی در حدود صد میلیارد تن کربن اضافی وارد هوا کرده است و هر سال مقداری معادل هفت میلیارد تن بر آن افزوده می‌شود. بر روی

هم، این کل مقدار کربن را تشکیل نمی‌دهد. طبیعت ـ غالباً از طریق فوران‌های آتشفشانی و پوسیدن گیاهان ـ هر سال در حدود ۲۰۰ میلیارد تن کربن دی‌اکسید وارد اتمسفر می‌کند، که تقریباً سی برابر مقدار تولید شده توسط اتومبیل‌ها و کارخانه‌های ما است. اما کافی است نگاهی بیندازید به مه رقیقی که بر فراز شهرهای ما تشکیل می‌شود تا ببینید تفاوت از کجا تا کجاست.

از نمونه‌های بسیار باستانی یخ‌ها چنین استنباط می‌شود که سطح «طبیعی» کربن دی‌اکسید در اتمسفر ـ یعنی پیش از آنکه متورم ساختن آن به دنبال فعالیت‌های صنعتی ما آغاز شود ـ در حدود ۲۸۰ قسمت در میلیون است. تا سال ۱۹۵۸ یعنی زمانی که توجه کارشناسان آزمایشگاه‌ها به آن جلب شود، این رقم به ۳۱۵ قسمت در میلیون افزایش پیدا کرده بود. امروزه به بیش از ۳۶۰ قسمت در میلیون رسیده است و به طور متوسط معادل یک چهارم یک درصد در سال برآن افزوده می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که در پایان سدهٔ بیست و یکم به حدود ۵۶۰ قسمت در میلیون برسد.

تا این تاریخ، اقیانوس‌ها و جنگل‌های کرهٔ زمین (که به نوبهٔ خود مقادیر عظیمی از کربن را به خود جذب می‌کنند) توانسته‌اند ما را از شر خودمان نجات دهند، اما به گفتهٔ پیترکاکس از ادارهٔ هواشناسی بریتانیا: «یک آستانهٔ بحرانی وجود دارد که در آن، بیوسفر طبیعی از حفاظت کردن ما در برابر اثرات گازهای خروجی توسط خودمان باز می‌ایستد و عملاً به تقویت آن‌ها می‌پردازد.» نگرانی ما آن است که مبادا یک افزایش ناگهانی و سریع در فرآیند گرم شدن زمین ایجاد شود. بسیاری از درخت‌ها و گیاهان دیگر که توان سازگار شدن با این تغییر ناگهانی را ندارند نابود می‌شوند، ذخایر کربن‌شان را آزاد می‌سازند و مشکل را دو چندان می‌کنند. چنین چرخه‌هایی، حتی بدون دخالت انسان، در گذشته‌های دور رخ داده‌اند. آنچه مایهٔ خوشحالی می‌شود این است که طبیعت، حتی در اینجا، بسیار حیرت‌انگیز عمل می‌کند. تقریباً به یقین می‌توان گفت که سرانجام، چرخهٔ کربن، خود را ازنو زنده می‌کند و به سطح کرهٔ زمین باز می‌گردد و موجب پایداری و شادمانی بشر می‌شود. آخرین باری که چنین تغییری رخ داد فقط شصت هزار سال به درازا کشید.

# ۱۸ پیوند دهندهٔ بزرگ

خودتان را در حالی مجسم کنید که می‌کوشید در جهانی به زندگی ادامه دهید که اکسید دی‌هیدروژن (dihydrogen oxide) یا یک مادهٔ مرکب بی‌بو یا بی‌طعم بر آن سیطره دارد و خواصش چنان متغیر است که در اغلب موارد به حال بشر مفید واقع می‌شود ولی گاهی نیز می‌تواند به عاملی کشنده تبدیل شود. برحسب اینکه در چه حالتی قرار دارد، می‌تواند شما را بسوزاند یا منجمد کند. در صورت وجود برخی مولکول‌های آلی، می‌تواند موجب تشکیل اسیدهای کربنیکی چنان نامطبوع شود که قادر است درخت‌ها را بی‌برگ کند و چهرهٔ پیکره‌ها را ذره ذره بخورد. اگر در فضای آزاد تحریک شود می‌تواند ضربه‌ای چنان خشماگین وارد کند که هیچ یک از بناهای ساخت بشر را یارای ایستادگی در برابرش نیست. حتی برای کسانی که زندگی کردن با آن را آموخته‌اند، غالباً ماده‌ای کشنده است. ما این چیز را آب می‌نامیم.

آب در همه جا یافت می‌شود. هشتاد و پنج درصد یک باکتری را آب تشکیل می‌دهد. گوجه فرنگی با ۹۵ درصد، فقط اندکی با آب فاصله دارد. حتی ۶۵ درصد بدن انسان را آب تشکیل می‌دهد یعنی ما با یک نسبت تقریباً دو به یک، بیشتر مایع هستیم تا جامد. آب مادهٔ عجیبی است. بی‌شکل و شفاف است، و با این حال ما همواره مایلیم درکنارش باشیم. هیچ طعمی ندارد و با این حال ما مزه‌اش را دوست داریم. راه‌های طولانی را طی می‌کنیم و مقداری هم پول خرج می‌کنیم تا در تابستان به دیدارش برویم. و علیرغم اینکه می‌دانیم خطرناک است و هر سال ده‌ها هزار نفر را هلاک می‌کند، برای دست‌و پا زدن در آن بی‌قراری می‌کنیم.

چون آب به وفور در همه جا یافت می‌شود، ما غالباً از یاد می‌بریم که با چه مادهٔ خارق‌العاده‌ای سر و کار داریم. تقریباً از هیچ جزء آن نمی‌توان برای انجام پیش‌گویی‌های قابل اطمینان دربارهٔ خواص مایعات دیگر و بالعکس استفاده کرد. اگر چیزی دربارهٔ آب نمی‌دانستید و مفروضات‌تان را بر پایهٔ رفتار مواد مرکبی استوار می‌ساختید که از لحاظ شیمیایی بیش از مواد دیگر به آب نزدیکند ـ هیدروژن سلنید یا بویژه هیدروژن سولفید ـ انتظار می‌داشتید که در ۱۳۲- درجهٔ فارنهایت بجوشد و در دمای اتاق به حالت گاز درآید.

اغلب مایعات وقتی در معرض سرما قرار گیرند در حدود ۱۰ درصد منقبض یا کوچک می‌شوند. آب نیز چنین است، اما فقط تا یک نقطهٔ خاص. به محض آنکه در کمترین فاصلهٔ ممکن از یخ بستن قرار گیرد ـ از قضا، به شکلی اغوا کننده و بی‌نهایت نامحتمل ـ شروع به انبساط می‌کند. زمانی که به حالت جامد درآمد، در مقایسه با قبل، حجمش تقریباً به اندازهٔ یک دهم بیشتر می‌شود. چون آب منبسط می‌شود، یخ در سطح آن شناور می‌ماند ـ به گفتهٔ جان گریبین «خاصیتی سراپا استثنایی.» اگر آب فاقد این عنان‌گسیختگی اعجاب‌انگیز می‌بود، یخ در آن فرو می‌رفت و تمام دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها از کف به بالا یخ می‌بستند. بدون وجود یخ سطحی برای نگهداشتن حرارت در زیر آن، گرمای آب به اطراف پخش می‌شود و آن را باز هم سردتر می‌کند و موجب تولید یخ باز هم بیشتری می‌شود. در اندک مدتی، حتی اقیانوس‌ها یخ می‌بندند و بدون تردید تا مدت‌های طولانی یا احتمالاً تا ابد یخ بسته می‌مانند ـ که چنین وضعی به هیچ وجه موجب تقویت حیات نمی‌شود. باید سپاسگزار باشیم از اینکه آب ظاهراً از قواعد شیمی یا قوانین فیزیک بی خبر است.

همه می‌دانیم که $H_2O$ فرمول شیمیایی آب است، بدین معنی که آب از یک اتم نسبتاً بزرگ اکسیژن و دو اتم کوچک‌تر هیدروژن متصل به آن تشکیل می‌شود، اتم‌های هیدروژن قویاً به اکسیژن میزبان خودشان می‌چسبند، ولی اتصال‌های تصادفی با دیگر مولکول‌های آب نیز برقرار می‌کنند. ماهیت هر مولکول آب طوری است که با دیگر مولکول‌های آب به نوعی رقص می‌پردازد، مختصراً با آن‌ها جفت می‌شود و سپس به این کار ادامه می‌دهد، درست مانند شریک‌های دایماً عوض شونده در رقص چهار نفرهٔ کوادریل به گفتهٔ رابرت کونتزیگ شیرین

سخن. یک لیوان آب در برابر ما، ممکن است چندان زنده و پر جوش و خروش به نظر نیاید، ولی تک تک مولکول‌های آن در هر ثانیه میلیاردها بار شریک رقص خود را عوض می‌کنند. به همین علت است که مولکول‌های آب به یکدیگر می‌چسبند تا مجموعه‌هایی به شکل چالهٔ آب باران و دریاچه تشکیل دهند، ولی آن قدر محکم به یکدیگر نمی‌چسبند که مثلاً در هنگامی که شما به درون استخری پر از آن‌ها شیرجه می‌زنید نشود آن‌ها را از یکدیگر جدا ساخت. در هر لحظهٔ خاص، فقط ۱۵ درصد این مولکول‌ها عملاً با یکدیگر در تماس هستند.

پیوند بین مولکول‌های آب از یک جهت هم بسیار قوی است ـ به همین دلیل است که مولکول‌های آب وقتی با شیلنگ کشیده می‌شوند می‌توانند رو به بالا جریان پیدا کنند و قطرات آب پراکنده روی سقف یا کاپوت اتومبیل نیز از وجود یک چنین ارادهٔ تکینه‌ای برای پیوند زنجیره‌ای با همرقص‌ها حکایت دارد. همچنین نشان می‌دهد که آب دارای تنش سطحی است. مولکول‌های واقع در سطح با قدرت بیشتری به سوی مولکول‌های مشابه در زیر و پهلوی خودشان جذب می‌شوند تا مولکول‌های هوای بالاتر از خودشان. بدین ترتیب غشایی به قدر کافی قوی برای حفاظت از حشرات و سنگ‌های پراکنده شده در سطح آب به وجود می‌آید.

گمان نمی‌کنم چندان نیازی به گفتن داشته باشد که ما بدون آب، راه‌مان را گم می‌کنیم. بدن انسان اگر از آب محروم شود، سریعاً از هم وامی‌پاشد. به فاصلهٔ چند روز، لب‌ها چنان ناپدید می‌شوند که «گویی از جا کنده شده‌اند، لثه‌ها سیاه می‌شوند، طول بینی به یک دوم می‌رسد و پوست چنان در اطراف چشم‌ها منقبض می‌شود که جلوی چشمک زدن را می‌گیرد.» آب چنان برای بدن ما جنبهٔ حیاتی دارد که به سادگی از یاد می‌بریم که هر آنچه آب در کرهٔ زمین است، حتی کوچکترین جزء آن، به علت وجود املاح گوناگون در آن، برای ما سمی و کشنده است.

ما برای زنده ماندن به نمک نیازمندیم، اما به مقادیر بسیار اندک، و مقدار نمک موجود در آب دریا بسیار بیش از آن است (در حدود هفتاد برابر) که ما بدون هیچ خطری بتوانیم آن را در بدن‌مان بسوزانیم. در یک لیتر آب دریا فقط چیزی در حدود ۲/۵ قاشق چای خوری نمک معمولی ـ از همان نوعی که ما با نمکدان به روی خوردنی‌ها می‌پاشیم ـ ولی مقادیر بسیار زیادی عناصر دیگر،

ترکیبات، و دیگر محلول‌های حل شده وجود دارند که یکجا املاح نامیده می‌شوند. نسبت‌های این املاح و کانی‌ها در بافت‌های بدن ما به طرز اسرارآمیزی به نسبت‌های موجود در آب دریا شباهت دارند ــ به گفتهٔ مارگولیس و ساگان، عرق بدن و اشک چشمان ما آب دریا است ــ ولی شگفت‌آور اینجا است که نمی‌توانیم ورود آن‌ها به بدن‌مان را تحمل کنیم. کافی است مقدار زیادی نمک وارد بدن‌تان کنید تا ببینید که سوخت و ساز بدن با چه سرعتی وارد مرحلهٔ بحرانی می‌شود. مولکول‌های آب، همانند انبوه آتش‌نشان‌های داوطلب از تک‌تک سلول‌ها به بیرون یورش می‌آورند تا نمکی را که ناگهان وارد بدن شده است رقیق سازند و از بدن بیرون برانند. این کار به طرز خطرناکی از مقدار آب مورد نیاز سلول‌های بدن برای انجام وظایف جاری‌شان می‌کاهد. در یک کلام، سلول‌ها دهیدراته (آب‌زدایی) می‌شوند. در شرایط حاد، دهیدراتاسیون به انواع سکته، بی‌هوشی، و آسیب مغزی خواهد انجامید. در این ضمن، سلول‌های خسته شدهٔ خون نیز نمک را به کلیه‌ها می‌رسانند، که اینها نیز نهایتاً از پا در می‌آیند و متوقف می‌شوند. اگر کلیه‌ها کار نکنند انسان می‌میرد. به این دلیل است که ما آب دریا را نمی‌نوشیم.

در کرهٔ زمین نزدیک به ۳۲۰ میلیون مایل مکعب آب وجود دارد و این همان آبی است که ما تا زنده‌ایم می‌توانیم بنوشیم. این آب در یک سیستم بسته می‌چرخد: یعنی در عمل نه می‌توان بر آن افزود نه از آن کاست. آبی که ما امروز می‌نوشیم از سال‌های جوانی کرهٔ زمین در آن وجود داشته است. تا ۳/۸ میلیارد سال پیش از این، اقیانوس‌ها (البته کم و بیش) به شکل کنونی خود درآمده بودند.

قلمرو آب، هیدروسفر (آبکره) نامیده می‌شود و بخش بزرگی از آن را اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهند. نود و هفت درصد از کل آب موجود در کرهٔ زمین را دریاها تشکیل می‌دهند. بخش بزرگی از آن در اقیانوس آرام است که نیمی از کرهٔ زمین را شامل می‌شود و از تمام گستره‌های خشکی بر روی هم بزرگتر است. بر روی هم، اقیانوس آرام چیزی بیش از یک دوم تمام آب‌های اقیانوس‌ها (به عبارت دقیق‌تر ۵۱/۶ درصد)؛ اقیانوس اطلس ۲۳/۶ و اقیانوس هند ۲۱/۲ درصد را در خود جای داده‌اند و فقط ۳/۶ درصد آن به دریاهای دیگر سرازیر شده است. عمق متوسط اقیانوس‌ها ۲/۴ مایل است، با این تفاوت که اقیانوس آرام به

تنهایی در حدود هزار فوت از اقیانوس اطلس و اقیانوس هند عمیق‌تر است. بر روی هم ۶۰ درصد سطح کرهٔ زمین را اقیانوس با عمق بیش از یک مایل تشکیل می‌دهد. به گفتهٔ فیلیپ بال، ما بهتر است سیارهٔ خودمان را نه کرهٔ زمین بلکه کرهٔ آب بنامیم.

بخش بزرگی از ۳ درصد آب شیرین در جهان به صورت لایه‌های یخ وجود دارد. فقط جزء بسیار ناچیزی از آن ــ ۰/۰۳۶ درصد ــ در دریاچه‌ها، رودها، و مخازن پشت سدها یافت می‌شود و بخش کوچکتری هم ــ ۰/۰۰۱ درصد ــ در ابرها یا به صورت بخار وجود دارد. نزدیک به ۹۰ درصد یخ کرهٔ زمین در منطقهٔ جنوبگان و بخش بزرگی از ۱۰ درصد باقی مانده در گرینلند واقع شده است. اگر به قطب جنوب سفر کنید زیر پای‌تان یخی به ضخامت تقریبی دو مایل خواهید داشت، اما همین ضخامت در قطب شمال از حدود ۱۵ فوت بیشتر نمی‌شود. فقط در منطقهٔ جنوبگان به تنهایی چیزی در حدود شش میلیون مایل مربع یخ وجود دارد ــ و همین، در صورتی که ذوب شود، کافی است سطح اقیانوس‌ها را معادل ۲۰۰ فوت بالا بیاورد. اما اگر کل آب موجود در اتمسفر به صورت بارانی یکنواخت در همه جای زمین ببارد، اقیانوس‌ها فقط به اندازهٔ یک اینچ عمیق‌تر خواهند شد.

نکتهٔ جالب توجه اینجاست که سطح دریا، اصطلاحی تقریباً یکسره نظری است. دریاهای جهان به هیچ وجه مسطح نیستند. جذرها و مدها، بادها، نیروی کوریولیس و اثرهای دیگر، موجب تغییرات چشمگیر در سطوح آب از یک اقیانوس به اقیانوس دیگر و در داخل اقیانوس‌ها می‌شوند. اقیانوس آرام در حدود یک و نیم فوت در امتداد لبهٔ غربی‌اش بالاتر است ــ در نتیجهٔ نیروی گریز از مرکز ایجاد شده بر اثر چرخش کرهٔ زمین. درست مانند زمانی که بخواهید یک وان حمام پر از آب را به طرف خودتان بکشید آب داخل آن معمولاً می‌خواهد از لبهٔ طرف دیگر به بیرون جاری شود، به طوری که گویی تمایلی ندارد که به دنبال‌تان بیاید، چرخش رو به شرق کرهٔ زمین نیز باعث انباشته شدن آب در امتداد حاشیه‌های غربی اقیانوس می‌شود.

باتوجه به اهمیت دیرینهٔ اقیانوس‌ها برای بشر، بسیار جالب توجه است که بدانیم پس از گذشت چه دوران‌هایی انسان به بررسی علمی اقیانوس‌ها علاقمند شد. تا اواسط سدهٔ نوزدهم بخش بزرگی از دانسته‌های انسان دربارهٔ اقیانوس‌ها بر چیزهایی استوار بود که از اقیانوس به خشکی می‌رسید یا در تورهای

ماهی‌گیری به چنگ انسان می‌افتاد، و تقریباً تمام نوشته‌های مرتبط با موضوع اقیانوس‌ها بیشتر بر روایات و حدسیات متکی بود تا برمدارک مادی. در دههٔ ۱۸۳۰ ادوارد فوربز طبیعت‌شناس بریتانیایی، بستر اقیانوس‌ها را در سراسر اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه بررسی و اعلام کرد که در پایین‌تر از عمق ۲۰۰۰ فوتی، هیچ‌گونه حیاتی در دریاها وجود ندارد. این اظهار نظر، یک فرض منطقی به نظر می‌رسید. چون نوری در آن عمق وجود نداشت، اثری از زندگی گیاهی هم وجود نداشت. و معلوم شده بود که فشار آب در چنان اعماقی بی‌نهایت زیاد می‌شود. به همین دلیل، وقتی یکی از کابل‌های تلگراف ماورای اقیانوس اطلس در سال ۱۸۶۰ از عمق بیش از دویست مایلی آن برای انجام برخی تعمیرات بالا کشیده شد که لایهٔ ضخیمی از مرجان‌ها، صدف‌های خوراکی و دیگر خاشاک زنده به آن چسبیده بود، دانشمندان را غافلگیر ساخت.

نخستین تحقیقات واقعاً سازمان یافته دربارهٔ دریاها در سال ۱۸۷۲ یعنی زمانی آغاز شد که یک گروه اکتشافی مشترک توسط موزهٔ بریتانیا، انجمن پادشاهی، و دولت بریتانیا تشکیل شد و با یکی از کشتی‌های جنگی قدیمی به نام چلنجر از بندر پورتسموث عازم دریاها شد. آن‌ها سه سال و شش ماه در دریاهای جهان پیش رفتند، از آب‌های آن‌ها نمونه‌برداری کردند، ماهی به تور انداختند، و از رسوبات دریاها نیز نمونه‌برداری کردند. این کار، بدون تردید، بسیار طاقت فرسا بود. از ۲۴۰ دانشمند و خدمهٔ کشتی، یک نفر از هر چهار نفر خود را به دریا انداخت و هشت نفر دیگر مردند یا دیوانه شدند ــ و به گفته سامانتا واینبرگ تاریخ‌دان، «بر اثر سال‌ها لای روبی جانکاه و کرخت کنندهٔ ذهن، دچار اختلال حواس شدند.» ولی مسافتی معادل ۷۰,۰۰۰ مایل دریایی را طی کردند، بیش از ۴,۷۰۰ گونهٔ جدید از اندامواره‌های دریایی را با خود آوردند، اطلاعات کافی برای تدوین یک گزارش ۵۰ جلدی (که ۱۹ سال به درازا کشید) گردآوری کردند، و نام یک رشتهٔ جدید علمی را به جهانیان اعلام کردند: اقیانوس‌شناسی. آن‌ها با انجام ژرفاسنجی‌های گوناگون، متوجه شدند که چندین کوه غوطه‌ور در میانهٔ اقیانوس اطلس وجود دارند، و برخی ناظران هیجان زده را به سمت این حدس هدایت کردند که گویا اینان توانسته‌اند قارهٔ گم شدهٔ آتلانتیس را پیدا کنند.

چون دنیای تشکیلات رسمی توجه چندانی به دریاها نمی‌کرد، وظیفهٔ

شناسایی دنیای زیر آب‌ها بر عهدهٔ دانشمندان تفنن کار ــ و خیلی کم شمار ــ قرار گرفت. کاوش‌های جدید در زیر آب‌های عمیق از سال ۱۹۳۰ با کارهای چارلز ویلیام بیب و اوتیس بارتن آغاز می‌شود. این دو با آنکه به یک اندازه در این راه تلاش به خرج دادند، بیب بیش از بارتن توجه نویسندگان و روزنامه‌نگاران را به خود جلب کرده است. بیب که در سال ۱۸۷۷ در یک خانوادهٔ مرفه نیویورکی چشم به جهان گشوده بود در رشتهٔ جانورشناسی از دانشگاه کلمبیا فارغ‌التحصیل شد، سپس به عنوان پرنده‌بان در انجمن جانورشناسی نیویورک استخدام شد. او که از این کار خسته شده بود تصمیم گرفت به ماجراجویان تاریخ بپیوندد و بیست و پنج سال از عمرش را در راه سفرهای بی‌پایان در آسیا و آمریکای جنوبی صرف کرد. در تمام این سفرها زنانی جذاب، یکی پس از دیگری، در نقش‌های گوناگون چون «تاریخ‌نگار و فن‌شناس» و «دستیار صید» به خدمتش در می‌آمدند. او از اینکارهای خود با نوشتن یک رشته کتاب‌های عامه فهم با عنوان‌هایی چون در لبهٔ جنگل و روزهای جنگل پشتیبانی می‌کرد، گرچه چندین کتاب معتبر در زمینهٔ حیات وحش و پرنده‌شناسی نیز تألیف کرد.

در اواسط دههٔ ۱۹۲۰ ضمن سفری به جزایر گالاپاگوس، چیزی را کشف کرد که خودش آن را «خوشی‌های آویزان شدن» می‌نامید. اندکی بعد با اوتیس بارتن آشنا شد که از خانواده‌ای به‌مراتب ثروتمندتر برخاسته بود، در دانشگاه کلمبیا درس خوانده بود، و مانند بیب عاشق ماجراجویی بود. با آنکه تقریباً همیشه همه چیز به نام بیب تمام می‌شود، امّا در واقع همین اوتیس بارتن بود که نخستین گوی غواصی (یا bathyshpere از ریشهٔ یونانی به معنی «ژرفا») را طراحی کرد و هزینهٔ دوازده هزار دلاری ساخت آن را پرداخت. این دستگاه عبارت بود از یک محفظهٔ کوچک و ضرورتاً محکم از جنس چدن با ضخامت ۱/۵ اینچ به اضافهٔ دو دریچه یا پنجرهٔ کوچک مسدود شده با قطعات کوارتز به ضخامت سه اینچ. در این محفظه دو نفر جا می‌گرفتند، البته در صورتی که خودشان از هر لحاظ برای آشنایی کامل با آن آمادگی می‌داشتند. فناوری این دستگاه، حتی با معیارهای آن روزگار، خیلی پیشرفته نبود. این گوی، هیچ‌گونه قابلیت مانور نداشت ــ چون فقط از انتهای یک کابل بلند آویزان می‌شد ــ و سیستم تنفسی آن در ابتدایی‌ترین مرحله قرار داشت: غواص‌ها برای خنثی کردن دی‌اکسید کربن

خودشان به باز کردن قوطی‌های حاوی آهک سُده می‌پرداختند و برای جذب رطوبت، یک ظرف کوچک حاوی کلرید کلسیم را باز می‌کردند و گاهی نیز چند برگِ نخل روی آن‌ها می‌گرفتند تا به واکنش‌های شیمیایی دامن بزنند.

اما این گوی غواصی کوچک و بی‌نام و نشان، کاری را که قرار بود انجام دهد انجام داد. بارتن و بیب در نخستین دور فعالیت‌شان که در ماه ژوئن ۱۹۳۰ در جزایر باهاما انجام شد، توانستند تا عمق ۶۰۰ فوتی دریا بروند و به حد نصاب جدیدی در جهان برسند. تا سال ۱۹۳۴، این نصاب را تا ۳,۰۲۸ فوت بالاتر بردند، که تا آغاز جنگ دوم جهانی شکسته نشد. بارتن تردید نداشت که با آن دستگاه می‌شد تا عمق ۴,۵۰۰ فوتی دریا پایین رفت، هرچند با هر فاتومی که پایین‌تر می‌رفتند (معادل ۶ فوت) صدای چرق و چروق پیچ‌ها و پرچ‌ها در می‌آمد. رسیدن به هر عمقی، خود یک اقدام جسورانه و پر مخاطره بود. در عمق ۳,۰۰۰ فوتی، سوراخ کوچک بدنهٔ دستگاه در معرض فشاری معادل نوزده هزار تن بر اینچ مربع قرار می‌گرفت. مرگ در یک چنین عمقی، لحظه‌ای بیش به درازا نمی‌کشید، و این نکته‌ای است که بیب بارها در کتاب‌ها، مقالات، و سخنرانی‌های رادیویی‌اش به آن اشاره کرد. اما نگرانی اصلی آن‌ها این بود که دستگاه بالابر نصب شده در عرشهٔ کشتی، که برای نگهداشتن یک گوی فلزی و دو تن کابل فولادی زیر فشار قرار گرفته بود، ناگهان از کابل جدا شود و آن دو را به قعر دریا بفرستد. در یک چنین حالتی، هیچ کاری از کسی ساخته نمی‌بود.

تنها چیزی که این فرو رفتن‌ها به دنبال نداشت، تولید انبوه اطلاعات ارزشمند علمی بود. آن‌ها گرچه در این کاوش‌ها به جانوران دریایی بسیاری برخوردند که قبلاً ندیده بودند، نتیجهٔ محدودیت میدان دید و همین که هیچ یک از این دو آب‌نورد جسور آموزش اقیانوس‌شناسی ندیده بود، این شد که آن‌ها در اغلب موارد نتوانستند یافته‌های خود را با جزییاتی که دانشمندان واقعی در اشتیاقش بودند تشریح و توصیف کنند. گوی غواصی آن‌ها یک منبع تولید روشنایی در خارج از خود نداشت، بلکه یک لامپ ۲۵۰ وات در اختیارشان بود که اگر پشت پنجرهٔ آن می‌گرفتند می‌توانستند بخشی از دریای پیرامونشان را ببینند اما آب در عمق ۵۰۰ فوتی، به هر حال عملاً نفوذناپذیر بود و آن دو از پشت دو تکه کوارتز سه اینچی به دریا نگاه می‌کردند، و به همین علت هر آنچه

آن دو امیدوار بودند ببینند می‌بایست تقریباً همان قدر به نزدیک شدن به آن‌ها علاقمند می‌بود که آن دو مشتاقش دیدنش بودند. در نتیجه، کل آن چیزی که آن دو توانستند در گزارش خود درج کنند این بود که در اعماق دریا انبوهی از موجودات گوناگون را دیدند. در یک مورد دیگر که در سال ۱۹۳۴ انجام شد، بیب از مشاهدهٔ ماری غول‌آسا «به طول بیش از ۲۰ فوت و پهنای بسیار زیاد» شگفت زده شد. این جانور با چنان سرعتی از مقابل پنجره گذشت که چیزی جز سایه‌اش مشاهده نشد. این جانور هر چه بود، هیچ یک از آن دو قبلاً مشابه‌اش را ندیده بود. گزارش‌های بارتن و بیب به علت گنگی مندرجات آن‌ها عموماً توجه دانشمندان و پژوهندگان دانشگاهی را به خود جلب نمی‌کرد.

پس از سفر ۱۹۳۴ که با برجا گذاشتن یک حد نصاب جدید به انجام رسید، بیب به غواصی بی‌علاقه شد و به ماجراهای دیگری روی آورد ولی بارتن همچنان به تلاش‌هایش ادامه داد. به قول خودش، بیب به هر کسی که جویای علت این ماجرا می‌شد بارتن را به عنوان مغز متفکر گروه دو نفره‌شان معرفی می‌کرد ولی بارتن ظاهراً نمی‌توانست از سایه خارج شود. بارتن نیز گزارش‌های تکان دهنده‌ای از ماجراهای زیر دریا منتشر کرد و حتی در هالیوود بازیگر فیلمی شد که تیتان‌های زیر دریا نام داشت. در این فیلم از یک گوی غواصی استفاده شده بود که سرنشینان آن به شکلی هیجان‌انگیز، چندین بار با ماهی‌های مرکب مهاجم و جانوران دیگر درگیر شدند. او حتی در تبلیغ سیگار Camel نقش داشت. در سال ۱۹۵۰ به اندازهٔ ۵۰ درصد بر عمق کاوش در دریا افزود، در اقیانوس آرام و در نزدیکی کالیفرنیا تا ۴,۵۰۰ فوت پایین رفت، ولی به نظر می‌رسید جهانیان تصمیم گرفته بودند هیچ توجهی به او نکنند. یکی از منتقدان روزنامه‌ای فیلم تیتان‌های زیر دریا عملاً گمان می‌کرد بیب ستارهٔ اصلی فیلم بوده است. خوشبختانه، این روزها گاهی از بارتن نام برده می‌شود.

به هر حال، گروه دو نفرهٔ دیگری متشکل از یک پدر و پسر سویسی به نام اوگوست و ژاک پیکار که دست اندرکار طراحی نوع جدیدی کاوشگر دریا به نام «قایق ژرف پیما» شده بودند، تدریجاً کارهای بارتن را تحت‌الشعاع قرار دادند. وسیلهٔ جدید چون در شهر ایتالیایی تریست ساخته شده بود تریست نام‌گذاری شد. این وسیله می‌توانست مستقلاً در زیر دریا مانوور دهد، گرچه این مانوور از

حد مقداری بالا و پایین رفتن در آب فراتر نمی‌رفت. ژرف پیما در یکی از نخستین سفرهایش در اوایل سال ۱۹۵۴ تا عمق پایین‌تر از ۱۳,۲۸۷ فوتی پایین رفت، که چیزی در حدود سه برابر عمقی بود که بارتن شش سال پیش بدان رسید. ولی رفتن تا اعماق دریا نیازمند پشتیبانی‌های مالی بسیار زیاد است و به همین دلیل، پیکارها اندک اندک در مسیر ورشکستگی قرار گرفتند.

در سال ۱۹۵۸ پیکارها قراردادی با نیروی دریایی آمریکا امضا کردند که بر طبق آن مالکیت کارهای انجام شده به نیروی دریایی آمریکا انتقال یافت و نظارت بر آن‌ها در اختیار پیکارها باقی ماند. پس از این قرارداد، پیکارها با استفاده از مبالغ کافی، دستگاه ژرف‌پیما را با جداره‌هایی به ضخامت ۵ اینچ ساختند و قطر پنجره‌های آن را به دو اینچ کاهش دادند ــ اندکی بزرگتر از چشمی‌های پشت درهای خانه‌های امروزی. اما ژرف‌پیما این بار از قدرت کافی برای تحمل فشارهای بسیار سنگین برخوردار شد، و در ژانویهٔ ۱۹۶۰ ژاک پیکار همراه ستوان دان والش از نیروی دریایی آمریکا، خود را آرام آرام به کف عمیق‌ترین شکاف موجود در اقیانوس یعنی کانال ماریانا در فاصلهٔ تقریبی ۲۵۰ مایلی از گوام در غرب اقیانوس آرام رساندند (که قبلاً توسط هری هس با استفاده از ژرفاسنج کشف شده بود). آن دو توانستند در کمتر از چهار ساعت تا عمق ۳۵,۸۲۰ فوتی یا ۷ مایلی اقیانوس پایین بروند. با آنکه فشار آب در آن عمق به حدود ۱۷,۰۰۰ پاوند بر اینچ مربع می‌رسید، آن‌ها با شگفتی مشاهده کردند که به محض تماس با کف اقیانوس، یک ماهی پهن عظیم از زیر ژرف‌پیما پرید و کنار رفت. آن‌ها هیچ ابزاری برای عکسبرداری در اختیار نداشتند و به همین علت هیچ مدرکی از این واقعه در دست نیست.

آن‌ها پس از گذران نزدیک به بیست دقیقه در عمیق‌ترین نقطهٔ جهان به سطح اقیانوس بازگشتند. این تنها موردی بود که در آن انسان‌ها توانستند خود را تا چنان عمقی از اقیانوس برسانند.

چهل سال بعد، پرسشی که طبیعتاً پیش می‌آید چنین است: چرا از آن سال تاکنون کسی دوباره تا آن عمق نرفته است؟ نخست آنکه دریابان هایمن ج. ریکاور، این نظامی خوش‌خلق و صاحب نظرات محکم و بویژه دارای نظارت مستمر بر گزارش‌های روزانهٔ نیروی دریایی، قویاً با تکرار این کار مخالفت کرده

است. او کاوش‌های زیر دریا را اتلاف منابع می‌داند و می‌گوید نیروی دریایی آمریکا یک مؤسسه تحقیقاتی نیست. گذشته از این، چیزی نمانده بود که ملت آمریکا یکسره شیفتهٔ سفرهای فضایی و تلاش برای فرستادن انسان به کرهٔ ماه شود، که همین امر کاوش‌های زیر دریا را چیزی کم اهمیت و نسبتاً کهنه جلوه‌گر می‌ساخت. اما نکتهٔ قابل توجه اینجا است که رفت و برگشت ژرف‌پیمای تریست دستاورد علمی چندانی نداشت. بعدها یکی از افسران نیروی دریایی در این‌باره چنین گفت: «ما آن چنان چیزی از این کار نیاموختیم، جز اینکه فهمیدیم از عهده‌اش بر می‌آییم. چرا تکرارش کنیم؟ کوتاه سخن آنکه برای پیدا کردن آن ماهی پهن راهی بس طولانی پیموده و مبالغی کلان هزینه شد. تخمین زده می‌شود که تکرار آن کار در اوضاع کنونی دست کم ۱۰۰ میلیون دلار هزینه بر می‌دارد.

وقتی محققان زیر دریا متوجه شدند که نیروی دریایی هیچ قصدی برای دنبال کردن برنامهٔ کاوش‌های وعده شده ندارد فریادشان به آسمان بلند شد. نیروی دریایی برای آنکه منتقدان خود را تا حدودی آرام کرده باشد، بودجهٔ لازم برای طراحی و ساخت یک کشتی زیر آبی پیشرفته‌تر را تأمین کرد و بهره‌برداری از آن را به مؤسسهٔ اقیانوس‌شناسی وودز هول در ماساچوست سپرد. این کشتی که به افتخار الین چ. واین نام گذاری و *Alvin* نامیده شد قرار بود به شکل یک زیردریایی کوچک و دارای قابلیت مانوور کامل ساخته شود، هر چند نمی‌بایست تا اعماق ثبت شده برای ژرف‌پیمای تریست در اقیانوس پایین برود. فقط یک مشکل وجود داشت: طراحان نمی‌توانستند کسی را پیدا کنند که تمایلی به ساختن این وسیله داشته باشد. به گفتهٔ ویلیام ج. برود در کتاب جهان زیرین: «هیچ شرکت بزرگی مانند جنرال داینامیکس که سازندهٔ زیر دریایی‌های نیروی دریایی بود نمی‌خواست پروژه‌ای را قبول کند که از نظر ادارهٔ کشتیرانی و دریاسالار ریکاور یعنی خدایان حمایت از نیروی دریایی، بی‌اهمیت به شمار آمده بود.» سرانجام، کشتی زیر دریایی الوین توسط شرکت جنرال میلز که در زمینهٔ مواد غذایی فعالیت دارد، در کارخانهٔ مخصوص تولید ماشین‌های غلات صبحانه ساخته شد.

اما اینکه در دنیای زیر دریا چه می‌گذرد، باید گفت که مردم تصور روشنی نداشتند. تا اواخر دههٔ ۱۹۵۰ بهترین نقشه‌های موجود در اختیار اقیانوس شناسان، شدیداً بر اساس تکهٔ کوچکی از نقشه‌های پراکندهٔ متعلق به سال ۱۹۲۹

و پیوند خورده با اقیانوسی از حدس و گمان تهیه شده بودند. نیروی دریایی برای هدایت زیردریایی‌ها از میان دره‌ها و اطراف کوه‌های تخت و هموار دریایی (گایوت‌ها)، نقشه‌های بسیار دقیق در اختیار داشت ولی چون به هیچ وجه مایل نبود چنین اطلاعاتی به دست شوروی‌ها بیفتد آن را به شکل طبقه‌بندی شده نگهداری می‌کرد. به همین دلیل، محققان دانشگاهی مجبور بودند نیازهای خود را یا به کمک نقشه‌های سطحی و کهنه شده بر طرف سازند یا به حدس و گمان خوش‌بینانه متوسل شوند. حتی امروزه اطلاعات ما دربارهٔ بستر اقیانوس‌ها از وضوح و دقت کافی برخوردار نیست. اگر با استفاده از یک تلسکوپ معمولی به سطح کرهٔ ماه بنگرید، چندین دهانهٔ گودال مانند بزرگ ـ فراکاستاریوس، بلانکانوس، زاچ، پلانک، و بسیاری گودال‌های دیگر که هر دانشمند ماه‌شناسی با نام‌شان آشناست ـ در آن خواهید دید که اگر در بستر اقیانوس‌های کرهٔ زمین خودمان می‌بودند تاکنون ناشناخته مانده بودند. نقشه‌هایی که ما از مریخ داریم در مقایسه با نقشه‌هایی که از بستر دریاهای خودمان داریم به مراتب بهتر هستند.

در سطح زمین نیز روش‌های تحقیقاتی به کار گرفته شده تا حدودی تابع موارد نیاز بشر بوده است. در سال ۱۹۳۴ سی و چهار هزار دستکش هاکی روی یخ از عرشهٔ یک کشتی باری کره‌ای به هنگام توفان در اقیانوس آرام، به وسیلهٔ باد به دریا انداخته شد. این دستکش‌ها مسیری طولانی از ونکوور تا ویتنام را روی آب طی کردند و اقیانوس شناسان را در ردیابی دقیق‌تر مسیر جریان‌های دریایی در مقایسه با گذشته یاری رساندند.

کشتی زیردریایی الوین امروز تقریباً چهل ساله شده است، ولی همچنان بزرگترین ابزار تحقیقاتی آمریکا به شمار می‌رود. هنوز هیچ کشتی زیردریایی وجود ندارد که بتواند به اعماق کانال ماریانا نزدیک شود، و فقط پنج کشتی زیردریایی از جمله الوین می‌توانند به اعماق «دشت مغاکی» ـ بستر عمیق اقیانوس ـ برسند که بیش از نیمی از سطح کرهٔ زمین را دربر می‌گیرد. استفاده از یک کشتی زیردریایی از این نوع، روزانه در حدود ۲۵,۰۰۰ دلار هزینه بر می‌دارد، به همین علت ندرتاً پیش می‌آید که کسی بخواهد آن‌ها را از روی هوس به آب بیندازد، یا کمتر از آن به امید برخورد تصادفی با چیزی جالب راهی دریاها کند. وضع طوری است که گویی تجربهٔ دست اول ما از دنیای سطح زمین بر کارهای

پنج نفری استوار باشد که پس از آغاز تاریکی بر تراکتور می‌نشینند و به کاوش می‌پردازند. به گفتهٔ رابرت کونتزیگ، انسان‌ها «به احتمال قوی فقط در یک میلیونیم یا حتی یک میلیاردیم تاریکی دریا دقیق شده‌اند. شاید هم کمتر. شاید باز هم کمتر.»

اما اقیانوس شناسان اگر تلاشی به خرج ندهند، هیچ به شمار خواهند آمد، و با همین منابع محدودی هم که در اختیارد دارند چندین کشف بزرگ انجام داده‌اند ـ که از آن جمله است یکی از مهم‌ترین و حیرت‌انگیزترین کشف‌های زیست شناختی سدهٔ بیستم در سال ۱۹۷۷. آن سال، کشتی زیر دریایی الوین توانست گروه‌های پرازدحام موجودات زنده را بر روی شکاف‌های اعماق بستر دریا و اطراف آن‌ها در نزدیکی جزایر گالاپاگوس پیدا کند ـ کرم‌هایی لوله‌ای به طول بیش از ۱۰ فوت، صدف‌های خوراکی به پهنای یک فوت، انبوه میگو و صدف پوسته سیاه، و کرم‌های اسپاگتی مانند در هم لولیده. تمام این موجودات، زندگی خود را مدیون وجود گروه‌های بزرگ باکتری‌هایی بودند که انرژی و مادهٔ حیاتی خود را از سولفیدهای هیدروژنی می‌گیرند ـ موادی شدیداً سمی برای موجودات خشکی زی ـ که دایماً از این شکاف‌ها به بیرون می‌ریزند. اینجا دنیایی مستقل از نور خورشید، اکسیژن، یا هر چیز دیگری است که معمولاً با حیات ارتباط پیدا می‌کند. این، نوعی سیستم زنده بود که نه بر فتوسنتز بلکه بر شیمی سنتز تکیه داشت، یعنی ساز و کاری بود که اگر شخصی به قدر کافی هوشمند و خلاق پیدا می‌شد و آن را مطرح می‌ساخت حتماً زیست شناس‌ها آن را به عنوان چیزی مضحک یا حرفی بی ارزش کنار می‌گذاشتند.

از این شکاف‌ها مقادیر عظیمی از گرما و انرژی به خارج جریان پیدا می‌کند. انرژی خروجی از بیست و چهار شکاف این چنینی معادل انرژی تولیدی در یک نیروگاه بزرگ است. دامنهٔ دماهای پیرامون این شکاف‌ها نیز بسیار گسترده است. دمای خروجی در نقطهٔ جریان‌یابی گرما به ۷۶۰ درجهٔ فارنهایت می‌رسد اما دمای آب به فاصلهٔ چند فوت از آن ممکن است دو یا سه درجه بالای نقطهٔ انجماد باشد. نوعی کرم معروف به آلوینلید یافت شد که درست در لبهٔ این محل زندگی می‌کند و دمای آب در قسمت سر جانور ۱۴۰ درجه از قسمت دمش بیشتر است. تا پیش از یافت شدن این کرم چنین تصور می‌شد که هیچ موجود زندهٔ مرکبی نمی‌تواند در آب گرم‌تر از ۱۳۰ درجه زنده بماند، ولی در اینجا به

موجودی برخوردیم که در دماهای بالاتر و علاوه بر آن سرمای فوق‌العاده زندگی می‌کرد. این کشف، تحولی اساسی در شناخت حیات توسط بشر پدید آورد.

همچنین، به یکی از معماهای بزرگ اقیانوس‌شناسی ـ نکته‌ای که بسیاری از ما گمان نمی‌کردیم اصولاً معما باشد ـ پاسخ داد، و آن این بود که چرا اقیانوس‌ها با گذشت زمان شورتر نمی‌شوند. با قبول اینکه آنچه می‌گوییم ممکن است توضیح واضحات باشد، مقدار نمک موجود در دریاها بسیار زیاد است ـ به قدری که برای مدفون ساختنِ تمام ذرات خاک تا عمق تقریبی پانصد فوت کفایت می‌کند. هر روز میلیون‌ها گالن آب شیرین از اقیانوس‌های جهان تبخیر می‌شوند و تمام نمک خود را پشت سرشان می‌گذارند، بنابراین، دریاها باید با گذشت هر سال شورتر شوند ولی چنین نمی‌شوند. چیزی وجود دارد که مقداری از نمک آب را که معادل مقدار نمک ورودی به آن است از آب می‌گیرد. تا چندین سده، هیچ کس نمی‌توانست این عامل را شناسایی و معرفی کند.

کشف شکاف‌ها در عمق دریاها توسط کشتی زیردریایی الوین به این پرسش پاسخ داد. ژئوفیزیک‌دان‌ها دریافتند که این شکاف‌ها تا حدود زیادی مانند فیلترهای داخل یک مخزن ماهی عمل می‌کنند. به محض آنکه آب به اعماق پوستهٔ زیرین دریا کشیده می‌شود نمکش از آن گرفته می‌شود و سرانجام، آب زلال مجدداً از طریق دودکش‌های شکاف‌ها به بیرون فرستاده می‌شود. این فرآیند، خیلی تند انجام نمی‌شود ـ تمیز کردن یک اقیانوس ممکن است تا ۱۰ میلیون سال به دراز بکشد ـ ولی اگر ما شتاب به خرج ندهیم خواهیم دید که به طرز شگفت‌انگیزی کارآمد است.

شاید چیزی گویاتر از هدف اعلام شده و اصلی اقیانوس‌شناسان در جریان همایش سال بین‌المللی ژئوفیزیک (۵۸ـ۱۹۵۷)، دوری روان‌شناختی ما را از اعماق اقیانوس‌ها بیان نکند که عبارت بود از مطالعهٔ امکانات «استفاده از اعماق اقیانوس برای تخلیه و انباشت ضایعات رادیواکتیو.» روشن است که این یک مأموریت سری نبود بلکه لاف و گزافی غرورآمیز در نظر عموم بود. به بیان دقیق‌تر، گرچه این هدف آن قدرها تبلیغ نشد، تخلیه و انباشت ضایعات رادیواکتیو تا سال ۱۹۵۷–۵۸ عملاً و با مختصر شدتی آغاز شده بود و نزدیک به

یک دهه ادامه داشته است. ایالات متحد آمریکا از سال ۱۹۶۴ به بعد دست اندرکار حمل بشکه‌هایی با ظرفیت پنجاه و پنج گالن حاوی مواد آلودهٔ رادیواکتیو به جزایر فارالُن در فاصلهٔ تقریباً ۳۰ مایلی سواحل کالیفرنیا و نزدیک سانفرانسیسکو و انداختن آن‌ها از عرشهٔ کشتی‌ها به قعر دریا بوده است.

این اقدام از بی‌دقتی خارق‌العادهٔ مسؤلان حکایت می‌کرد. اغلب این بشکه‌ها از نوع همان بشکه‌هایی بودند که معمولاً در پشت جایگاه‌های سوخت‌رسانی یا بیرون از محوطهٔ کارخانه‌ها می‌اندازند تا زنگ بزنند و بپوسند، و هیچگونه پوشش محافظ داخلی یا خارجی نداشتند. وقتی بشکه‌ها در اقیانوس فرو نمی‌رفتند، تفنگداران نیروی دریایی آن‌ها را به رگبار می‌بستند تا سوراخ سوراخ شوند و آب به داخل‌شان نفوذ کند (و البته پلوتونیم، اورانیم، و استرونسیم از داخل‌شان خارج شوند). تا پیش از متوقف شدن این عمل در دههٔ ۱۹۹۰، ایالات متحد آمریکا چند هزار بشکهٔ حاوی مواد رادیواکتیو را تقریباً در پنجاه نقطهٔ اقیانوس ـ تقریباً ۵۰ هزارتای آن‌ها را فقط در جزایر فارالُن ـ تخلیه کرده بود. اما ایالات متحد آمریکا از این لحاظ به هیچ‌وجه تنها نبود. از جملهٔ دیگر تخلیه کنندگان مشتاق و پروپا قرص زباله‌های اتمی به اقیانوس‌ها می‌توان از کشورهایی چون روسیه، چین، ژاپن، زلند جدید، و تقریباً تمام کشورهای اروپایی نام برد.

اما این اقدام چه تأثیراتی می‌توانسته است بر حیات موجودات اعماق دریاها داشته باشد؟ امیدواریم که تأثیراتش اندک باشد، اما جزییات آن به درستی بر ما روشن نشده است. ما به شکلی حیرت‌آور، شکوهمند، و مشعشع از چگونگی حیات در زیر دریاها بی‌خبریم. حتی مهم‌ترین موجودات زندهٔ اقیانوس‌ها گاهی به شکلی چشمگیر ناشناخته مانده‌اند ـ که از آن میان می‌توان به پر قدرت‌ترین جانور اقیانوس‌ها یعنی وال کبود بزرگ یا جانوری با چنان ابعاد غول‌آسا (به نقل از دیوید اتنبره) اشاره کرد که «زبانش وزن یک فیل را دارد، قلبش به اندازهٔ یک اتومبیل است، و برخی از رگ‌هایش چنان گشادند که یک انسان می‌تواند شناکنان از درون‌شان بگذرد.» این هیولاوارترین جانوری است که کرهٔ زمین تاکنون توانسته است تولید کند. حتی از بی‌قواره‌ترین و بزرگ‌ترین دایناسورها هم بزرگ‌تر است. در اغلب موارد، کسی نمی‌داند وال‌ها کجا به سر می‌برند ـ مثلاً برای جفت‌گیری به کجا می‌روند، یا برای رسیدن به آنجا از چه

مسیرهایی می‌گذرند. اطلاعات اندکی که ما دربارهٔ این جانوران داریم، تقریباً یکسره نتیجهٔ گوش خواباندن برای شنیدن آوازهای آن‌ها است، اما آوازها نیز مانند خود جانوران اسرارآمیز هستند. وال‌های کبود، گاهی آوازشان را به نقطه‌ای خاص که می‌رسند قطع می‌کنند ولی شش ماه بعد، دنبالهٔ آن را در همان نقطه از سر می‌گیرند. گاهی با آوازی جدید سر از آب بر می‌آورند که هیچ یک از اعضای گروه وال‌ها نمی‌توانسته است آن را قبلاً شنیده باشد و تک تک‌شان آن را درک می‌کنند. ما کوچک‌ترین تصوری از علت یا چگونگی این پدیده نداریم. و وال‌ها نیز جانورانی هستند که برای نفس تازه کردن باید مرتباً به سطح آب بیابند.

برای جانورانی که هرگز نیازی به ظاهر شدن در سطح آب ندارند، گمنامی می‌تواند حتی وسوسه‌انگیزتر باشد. مثلاً ماهی مرکب غول‌پیکر و افسانه‌ای را در نظر بگیرید. این جانور با آنکه به هیچ وجه به بزرگی وال کبود نیست، بدون تردید یکی از جانوران بزرگ جثه است، به طوری که چشمانی به اندازهٔ توپ فوتبال و شاخک‌هایی خزنده دارد که گاهی تا فاصلهٔ ۶۰ فوتی گسترش می‌یابند. وزن این ماهی به حدود ۱ تن می‌رسد و خودش بزرگترین جانور بی مهرهٔ کرهٔ زمین است. اگر یکی از آن‌ها را در یک استخر شنای خانگی بیندازید، جایی برای جانوران یا شناگر دیگری باقی نمی‌ماند. با این حال، تاکنون هیچ دانشمندی ـ و هیچ شخصی، تا جایی که ما می‌دانیم ـ یک ماهی مرکب زنده را مشاهده نکرده است. برخی از جانورشناسان، عمرشان را در راه تلاش برای صید یا مشاهدهٔ ماهی مرکب غول‌آسا صرف کرده‌اند ولی هیچ‌گاه نتیجه‌ای نگرفته‌اند. اغلب آن‌ها زمانی مشاهده می‌شوند که همراه امواج ـ مخصوصاً به علت‌های ناشناخته ـ به سواحل جزایر جنوبی زلند جدید رانده شوند. تعداد ماهی‌های مرکب غول‌آسا به احتمال قوی خیلی زیاد است چون بخش بزرگی از رژیم غذایی وال مولد سلول جنسی نر را همین ماهی‌ها تشکیل می‌دهند و وال‌های مولد سلول جنسی نر نیز خیلی می‌خورند*.

* بخش‌های غیر قابل هضم بدن ماهی مرکب غول‌آسا، مخصوصاً منقار آن، در شکم وال مولد سلول جنسی نر انباشته می‌شوند و به صورت مادهٔ معروف به عنبر در می‌آیند که در انواع عطرها به عنوان مادهٔ تثبیت کننده مصرف می‌شود. این بار که می‌خواهید ادکلن شانل- ۵ به خودتان بزنید (به فرض اینکه چنین می‌کنید)، شاید بد نباشد که در تصور آورید مایع رقیق شدهٔ این هیولای ناپیدای دریاها را به خودتان می‌زنید.

بر طبق یکی از برآوردهای انجام شده، احتمالاً چیزی در حدود سه میلیون گونهٔ جانوری در دریاها زندگی می‌کنند که بیشترشان تاکنون کشف و شناسایی نشده‌اند. نخستین نشانه‌های دلالت کننده بر دامنهٔ فراوانی حیات در اعماق دریاها فقط در دههٔ ۱۹۶۰ و با اختراع سورتمهٔ ژرفارو به دست آمد. این وسیلهٔ لایروبی نه فقط انداموارهای انباشته در سطح بستر دریا یا نزدیک به آن را صید می‌کند بلکه موجودات مدفون در رسوبات زیر بستر دریا را نیز صید می‌کند. هاوارد سندلر و رابرت هسلر از اقیانوس‌شناسان مؤسسهٔ وودز هول در ماساچوست، در یک کاوش یک ساعتی در امتداد فلات قاره، بیش از ۲۵,۰۰۰ موجود زنده ــ انواع کرم، ستارهٔ دریایی، خیار دریایی و مانند اینها ــ را صید کردند که بر روی هم نمایندهٔ ۳۶۵ گونهٔ جانوری بودند. حتی در عمق سه مایلی دریا، نزدیک به ۳,۷۰۰ موجود زنده یافتند که نمایندهٔ چیزی در حدود ۲۰۰ گونهٔ جانوری بودند. اما دستگاه لایروب فقط می‌توانست چیزهایی را صید کند که حرکت‌شان در بستر دریا بسیار کُند بود یا تشخیص نمی‌دادند که باید خودشان را کنار بکشند. در دههٔ ۱۹۶۰ یک زیست شناس دریایی به نام جان آیزاکس به این فکر افتاد که طعمه‌ای را به یک دوربین عکس‌برداری وصل کند و به اعماق دریا بفرستد. او توانست اطلاعات باز هم بیشتری به دست آورد، به‌ویژه آن که گروه‌های پر جمعیت و متراکمی از مار ماهی دریایی آغازین (hagfish) و فوج‌های تیزرویی از ماهی‌های دم‌موشی (grenadier) را شناسایی کرد. در جایی که ناگهان یک منبع غذایی خوب یافت شود ــ مثلاً وقتی یک وال می‌میرد و به قعر دریا فرو می‌رود ــ نزدیک به ۳۹۰ گونه از جانوران دریایی برای تغذیه در آنجا حاضر می‌شوند. نکتهٔ جالب توجه اینجاست که بسیاری از این جانوران از شکاف‌هایی در فاصلهٔ هزار مایلی این منبع غذایی جدید خارج می‌شوند و خودشان را به آن می‌رسانند. این جانوران شامل گونه‌هایی چون انواع صدف پوسته سیاه و صدف خوراکی می‌شوند که هیچ کدام به پیمودن مسافت‌های طولانی شهرت ندارند. امروزه چنین تصور می‌شود که نوزادهای (لارو) برخی از انداموارها ممکن است از طریق آب به نقاط دیگر رانده شوند تا، بر اثر برخی عوامل شیمیایی ناشناخته، بو ببرند که به یک منبع غذایی رسیده‌اند و نتیجتاً خودشان را روی آن بیندازند.

* * *

بنابراین، اگر دریاها این چنین پهناورند، چرا ما این چنین بر آن‌ها فشار می‌آوریم؟ نخست آنکه، وفور نعمت در دریاهای جهان یکنواخت توزیع نشده است. بر روی هم، کم‌تر از یک دهم اقیانوس‌ها از لحاظ طبیعی مولد به شمار می‌روند. بیشتر گونه‌های آبزی دوست دارند در آب‌های کم عمقی زندگی کنند که از گرما و نور کافی و مقدار کافی مواد آلی برای تأمین زنجیرهٔ غذایی آن‌ها برخوردارند. مثلاً آبسنگ‌های مرجانی، نزدیک به کم‌تر از ۱ درصد فضای اقیانوس را اشغال می‌کنند ولی زیستگاه چیزی در حدود ۲۵ درصد ماهیان اقیانوس هستند.

در جاهای دیگر، اقیانوس‌ها تقریباً خیلی غنی نیستند. مثلاً استرالیا را در نظر بگیرید. این کشور با داشتن بیش از ۲۰،۰۰۰ مایل خط ساحلی و نزدیک به ۹ میلیون مایل مربع آب‌های سرزمینی، بیش از هر کشوری در جهان با دریا در تماس است اما از لحاظ صید ماهی، همچنان که تیم فلنری می‌گوید، حتی در ردیف پنجاه کشور نخست جهان قرار نمی‌گیرد. به عبارت دقیق‌تر، استرالیا یک وارد کنندهٔ بزرگ غذاهای دریایی است. علت این وضع آن است که بخش‌های بزرگی از آب‌های استرالیا، مانند خود استرالیا بیابانی هستند (به استثنای آبسنگ مرجانی بزرگ در ساحل کوینزلند، که بسیار پر بار است). به علت فقیر بودن خاک، مقدار مواد مغذی تولیدی در این کشور بسیار ناچیز است.

حیات، حتی در جاهایی که رونق می‌یابد، معمولاً در برابر دخالت عوامل خارجی، حساسیت بسیار از خود نشان می‌دهد. در دههٔ ۱۹۷۰ ماهی‌گیرانی از کشور استرالیا و تعداد کم‌تری نیز از زلند جدید، فوج‌هایی از ریز ماهیانی را کشف کردند که در عمق تقریباً ۸۰۰ متری فلات قارهٔ آن دو کشور زندگی می‌کردند. نام زبرک نارنجی (orange roughy) بر آن‌ها گذاشته شد، جانورانی بسیار خوش خوراک بودند و گروه گروه در کف دریا وجود داشتند. ناوگان‌های ماهی‌گیری، هیچ‌گاه به یاد نداشتند که سالانه چهل هزار تن متریک ماهی زبرک صید کرده باشند. به دنبال این کشف، زیست شناسان دریایی نیز به کشفیاتی نگران کننده دست یافتند. زبرک‌ها عمری بی‌نهایت طولانی می‌کردند و مرحلهٔ بلوغ‌شان خیلی دیر فرا می‌رسید. عمر برخی از آن‌ها ممکن است به ۱۵۰ سال برسد؛ هر ماهی زبرکی که فلان انگلیسی در سال‌های اخیره خورده است، احتمالاً در روزگار ملکه ویکتوریا متولد شده بوده است. زبرک‌ها خودشان را با

این شیوهٔ زندگی بی‌نهایت عاری از هرگونه شتاب سازگار کرده‌اند، زیرا آب‌های محل زیست آن‌ها از لحاظ منابع غذایی بسیار فقیر هستند. در این گونه آب‌ها، برخی ماهی‌ها فقط سالی یک بار تخم‌ریزی می‌کنند. بدون تردید، این‌ها جزو جمعیت‌هایی به شمار می‌روند که تاب مقاومت در برابر مزاحمت‌های زیاد را ندارند. متأسفانه، زمانی که این واقعیت شناخته شد ذخایر ماهی زبرک شدیداً ته کشیده بود. حتی با اِعمال مدیریت سنجیده، چندین دهه باید بگذرد تا جمعیت‌های از دست رفته به جای خود بازگردند (اگر اصولاً چنین چیزی شدنی باشد).

ولی در جاهای دیگر، سوء استفاده از اقیانوس‌ها به جای آنکه غیر عمدی باشد بیشتر عمدی بوده است. بسیاری از ماهی‌گیرها، باله‌های کوسه‌ها را قطع می‌کنند و سپس آن‌ها را به دریا باز می‌گردانند تا در آنجا بمیرند. در خاور دور، در سال ۱۹۹۸ بالهٔ کوسه از قرار هر پوند ۲۵۰ دلار یا بیشتر فروخته می‌شد. یک کاسه سوپ بالهٔ کوسه به صورت خرده فروشی در توکیو ۱۰۰ دلار فروخته می‌شد. صندوق حیات وحش جهانی در سال ۱۹۹۴ برآورد کرد که تعداد کوسه‌هایی که در سال کشته می‌شوند بین ۴۰ میلیون و ۷۰ میلیون قطعه است.

از سال ۱۹۹۵ به بعد چیزی در حدود ۳۷,۰۰۰ کشتی ماهی‌گیری با ابعاد صنعتی، به اضافهٔ حدود ۱ میلیون قایق کوچکتر در دریاها فعالیت داشتند و فقط در مقایسه با ۲۵ سال پیش، چیزی در حدود دو برابر ماهی صید می‌کردند. کشتی‌های صیادی امروزی، گاهی به اندازهٔ کشتی‌های مسافری ساخته می‌شوند و پشت سر خودشان تورهایی را می‌کشند که دوازده جامبوجت در داخل هر کدام جا می‌گیرند. برخی از کشتی‌های ماهی‌گیری، برای پیدا کردن محل اجتماع گله‌های ماهی از بالا، از هواپیماهای مکان‌یاب استفاده می‌کنند.

تخمین زده می‌شود که یک چهارم گنجایش هر تور ماهی‌گیری که از دریا خارج می‌شود با «صید جانبی» ــ ماهیانی که به علت ریز بودن، ناسازگار بودن با نوع صید یا صید شدن در خارج از فصل صید مربوط به آن گونه‌ها قابل تخلیه نیستند ــ پر می‌شود. به گفتهٔ یکی از ناظران به مجلهٔ اکونومیست «ما هنوز در عصر تاریکی به سر می‌بریم. چشم بسته تور را به دریا می‌اندازیم و منتظر می‌مانیم تا ببینیم چه به تور می‌افتد.» هر سال، چیزی در حدود بیست و دو میلیون متریک تن صید ناخواسته از این قبیل به دریا بازگردانده می‌شود، که اغلب شامل

ماهی‌های مرده است. در مقابل هر پوند میگوی صید شده در حدود چهار پوند ماهی و دیگر موجودات دریایی نابود می‌شوند.

مناطق وسیعی از بستر دریای شمال، دست کم هفت بار در سال به وسیلهٔ کشتی‌های بازودار لایروبی و پاک‌سازی می‌شوند که این به معنی حداکثر دخالت غیر قابل تحمل برای هر اکوسیستمی است. دست کم دو سوم گونه‌های موجود در دریای شمال، بر طبق برآوردهای بسیار، بیش از ظرفیت‌شان صید می‌شوند. در سراسر اقیانوس اطلس نیز وضع از این بهتر نیست. ماهی هالیبوت، روزگاری در سواحل انگلستان به قدری فراوان بود که تک‌تک قایق‌ها می‌توانستند نزدیک به ۱۰ تن از آن را در یک روز صید کنند. اما امروزه نسل ماهی هالیبوت در سواحل شمال شرقی آمریکای شمالی برافتاده است.

اما هیچ یک از این تغییرات را نمی‌توان با سرنوشت ماهی روغن مقایسه کرد. در اواخر سدهٔ پانزدهم میلادی، جان کابوت، به گله‌های بزرگی از ماهی روغن در سواحل شرقی آمریکای شمالی برخورد. آبهای کم عمق این منطقه برای ماهی‌های تغذیه کننده در کف دریاها، از جمله ماهی روغن، بسیار مناسب هستند. برخی از این سواحل به قدر کافی پهناور بودند. ساحل جورجز در مجاورت ایالت ماساچوست از خود این ایالت بزرگتر است. گرند بنکس (ساحل گرند) در مجاورت نیوفندلند، از آن هم بزرگتر است و تا چندین سده، انباشته از ماهی روغن بوده است. به نظر می‌رسید ماهی روغن پایان‌ناپذیر باشد. هرچه بود، پایان‌ناپذیر نبود.

تا سال ۱۹۶۰ تعداد ماهی روغن تخم‌ریزی کننده در شمال اقیانوس اطلس به مقدار تقریبی ۱/۶ میلیون متریک تن کاهش یافته بود. همین رقم تا سال ۱۹۹۰ به ۲۲,۰۰۰ متریک تن رسیده بود. یعنی از لحاظ بازرگانی، ماهی روغن منقرض شده بود. مارک کورلانسکی در تاریخچهٔ جذاب ماهی روغن می‌نویسد: «ماهی‌گیرها نسل ماهی روغن را برانداختند.» ماهی روغن، به احتمال قوی، زیستگاه خود را در غرب اقیانوس اطلس، تا ابد از دست داده است. در سال ۱۹۹۲ صید ماهی روغن به طور کامل در گرند بنکس متوقف شد، اما از پاییز سال ۲۰۰۳، بر طبق گزارشی که در نشریهٔ نیچر انتشار یافت، هنوز بازگشت ذخایر آن آغاز نشده بود. کورلانسکی متذکر می‌شود که ماهی فیله‌ماهی و تکه‌های ماهی

آمادهٔ پخت، در اصل همان ماهی روغن بود، که بعدها جای خود را به ماهی هداک، پس از آن به ماهی سرخ، و اخیراً به ماهی پالک اقیانوس آرام داد. او با بی‌اعتنایی می‌گوید: «ماهی، هر آن چیزی است که باقی مانده باشد.»

دربارهٔ بسیاری از غذاهای دریایی نیز تقریباً همین سخن را می‌توان گفت. در شیلات نیو انگلند واقع در سواحل رود آیلند، یک زمانی صید لابسترهایی (خرچنگ‌های دراز) به وزن بیست پوند، کاری عادی تلقی می‌شد. لابسترها در صورتی که به حال خود رها شوند می‌توانند تا چندین دهه زندگی کنند ــ می‌گویند گاهی تا هفتاد سال ــ و رشدشان هرگز متوقف نمی‌شود. امروزه کمتر لابستری پیدا می‌شود که وزنش در زمان صید از دو پوند بیشتر باشد. به گفتهٔ یکی از نویسندگان نشریهٔ نیویورک تایمز «زیست‌شناسان تخمین می‌زنند که نود درصد لابسترها به فاصلهٔ یک سال پس از رسیدن به حداقل اندازهٔ قانونی در شش سالگی صید می‌شوند.» علیرغم کاهش دایمی در تعداد لابسترهای صید شده، ماهی‌گیران نیو انگلند همچنان از معافیت‌های مالیاتی ایالتی و فدرال که موجب تشویق‌شان ــ و گاهی فقط موجب واداشتن‌شان ــ به خرید قایق‌های بزرگتر و تشدید صید آبزیان می‌شود برخوردار می‌گردند. امروزه ماهی‌گیران ماساچوست به صید مارماهی دریایی (hagfish) رضایت داده‌اند، که مختصر بازاری در خاور دور دارد، اما از تعداد این ماهی نیز روز به روز کاسته می‌شود.

ما به طرز چشمگیری از اصول پویایی حاکم بر حیات در زیر دریاها بی‌خبریم. در حالی که حیات وحش دریایی در مقایسه با آنچه در مناطق صید شده انتظار می‌رود به مراتب فقیرتر است، در برخی از آب‌ها که به شکل طبیعی فقیر شده‌اند، مقدار حیات وحش موجود به مراتب بیش از آن چیزی است که باید وجود داشته باشد. اقیانوس‌های جنوبی‌در پیرامون جنوبگان، فقط چیزی در حدود ۳ درصد پلانکتون گیاهی جهان را تولید می‌کنند ــ به نظر می‌رسد خیلی کم‌تر از آن است که بتواند یک اکوسیستم پیچیده را پشتیبانی کند، اما چنین می‌کند. فُک‌های خرچنگ خوار، گونه‌ای جانوری نیستند که ما چیزهایی درباره‌اش شنیده‌ایم، بلکه ممکن است عملاً دومین گونهٔ بزرگ و پرشمار جانوری پس از انسان در کرهٔ زمین باشند. احتمالاً چیزی نزدیک به ۱۵ میلیون فک روی لایهٔ یخ پیرامونی جنوبگان زندگی می‌کنند. احتمالاً چیزی در حدود دو

میلیون فُک ودل (Weddel)، دست کم پانصد هزار پنگوئن امپراتور، و احتمالاً نزدیک به چهار میلیون پنگوئن آدلی (Adelie) نیز در آنجا زندگی می‌کنند. بدین ترتیب، زنجیرهٔ غذایی شدیداً زیر فشار است، اما به نحوی، نیازهای آن همه جانور را برآورده می‌سازد. نکتهٔ جالب توجه اینجاست که کسی نمی‌داند این نیازها را چگونه برآورده می‌سازد.

آنچه گفته شد، راهی بسیار غیرمستقیم برای بیان این نکته است که اطلاعات ما دربارهٔ بزرگ‌ترین سیستم کرهٔ زمین بسیار اندک است. اما با این حال، همچنان که در صفحات باقی ماندهٔ کتاب خواهیم دید، به محض آنکه دربارهٔ حیات وحش شروع به صحبت کنید، متوجه می‌شوید که از خیلی چیزها به‌ویژه آنکه حیات در وهلهٔ نخست چگونه آغاز شد بی‌اطلاعید.

# ۱۹ آغاز حیات

در سال ۱۹۵۳ استنلی میلر از دانشجویان دورهٔ لیسانس دانشگاه شیکاگو، دو فلاسک ـ یکی حاوی اندکی آب به نشانهٔ اقیانوس آغازین و دیگری حاوی مخلوطی از متان، آمونیاک، و گازهای سولفید هیدروژن به نشانهٔ اتمسفر آغازین کرهٔ زمین ـ آماده کرد، آن دو را با لوله‌های لاستیکی به یکدیگر وصل کرد، و چند جرقهٔ الکتریکی به عنوان جانشین برای صاعقه در آن‌ها ایجاد کرد. پس از چند روز، آب داخل فلاسک‌ها به سوپ تروتازه‌ای از اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب، قند، و دیگر مواد آلی، به رنگ سبز و زرد تبدیل شده بود. استاد راهنمای میلر یعنی هرلد یوری که از مشاهدهٔ این تغییر به وجد آمده بود گفت: «امیدواریم که خدا هم به این طریق عمل نکرده باشد. یک شرط خوب را باخت.»

در گزارش‌های مطبوعات آن روز، موضوع را چنین وانمود کردند که گویا اکنون تنها چیزی که نیاز داریم آن است که کسی پیدا شود و تکانی به کل این مایع بدهد تا حیات در همان دم از آن به بیرون بخزد. همچنان که زمانه اثبات کرده است، موضوع به این سادگی نبود. ما علیرغم گذشت پنجاه سال از مطالعات و تحقیقاتی که در این راه انجام داده‌ایم، در مقایسه با سال ۱۹۵۳ نه فقط هیچ گامی در جهت نزدیک‌تر شدن به ساخت مصنوعی حیات برنداشته‌ایم بلکه با اندیشهٔ چنین کاری بیشتر فاصله گرفته‌ایم. امروزه دانشمندان تردیدی ندارند که اتمسفر آغازین هیچ شباهتی به آنچه در سوپ گازی میلر و یوری آمادهٔ شکل‌گیری حیات تلقی می‌شد نداشت، بلکه مخلوطی از نیتروژن و دی اکسیدکربن با واکنش‌پذیری بمراتب کمتر بود. تکرار آزمایش‌های میلر با استفاده از این اطلاعات چالش

انگیزتر، تا این تاریخ فقط به تولید یک اسید آمینهٔ نسبتاً ابتدایی انجامیده است. به هر حال، تولید اسید آمینه، مسألهٔ واقعی نیست. مسأله، آفریدن پروتئین‌ها است.

پروتئین‌ها همان موادی هستند که وقتی با هم پیوند یابند اسید آمینه تولید می‌کنند، و ما نیز خیلی به آن‌ها نیاز داریم. هیچ کس به درستی نمی‌داند، ولی در بدن انسان ممکن است بیش از یک میلیون پروتئین وجود داشته باشد، که هر کدام در جای خود یک معجزه به شمار می‌رود. بر طبق تمام قوانین احتمالات، پروتئین‌ها نباید وجود داشته باشند. برای ساختن پروتئین، باید اسیدهای آمینه را (که در اینجا مجبورم براساس سنتی قدیمی از آن‌ها با عبارت «بلوک‌های ساختمانیِ حیات» نام ببرم) به ترتیبی خاص با یکدیگر مرتبط سازیم، درست همان‌گونه که حروف را با چنان ترتیبی در کنار هم قرار می‌دهیم تا واژه‌ای خاص تشکیل شود. مسأله اینجاست که واژه‌ها در الفبای اسید آمینه، غالباً بیش از اندازه طولانی می‌شوند. برای تشکیل واژهٔ انگلیسی کلاژن (*collagen*) که نام رایج‌ترین نوع پروتئین است، باید هشت حرف را به ترتیب صحیح در کنار هم قرار دهید. اما برای ساختن کلاژن، باید ۱۰۵۵ اسید آمینه را به یک ترتیب کاملاً دقیق بچینید. اما ــ و این یک نکتهٔ بدیهی اما حساس است ــ شما آن را نمی‌سازید. اسید آمینه، خودش خودش را می‌سازد، به شکلی خود انگیخته و بدون راهنما، و در اینجاست که موارد عدم احتمال وارد میدان می‌شوند.

احتمال اینکه یک مولکول مرتبهٔ ۱۰۵۵ مانند کلاژن به طور خود انگیخته و خودساخته به وجود آید، صراحتاً باید گفت که در حد هیچ است. برای درک اینکه وجود این مولکول چه خطری دارد، یک دستگاه قمار سکه‌ای (جک پات) را در نظر بگیرید که در لاس‌وگاس یافت می‌شود، اما قدری پهن ترش را ــ تا حدود ۹۰ فوت، به عبارت دقیق‌تر ــ مجسم کنید که به جای سه یا چهار چرخ گردندهٔ معمولی می‌تواند ۱۰۵۵ چرخ گردنده را در خود جا دهد و روی هر چرخ نیز بیست علامت (یک علامت برای هر اسید آمینهٔ رایج) دارد.* چه مدت زمانی

---

* در کرهٔ زمین، عملاً بیست و دو اسید آمینهٔ طبیعی شناخته شده‌اند و بسیاری دیگر ممکن است در انتظار کشف شدن باشند، اما فقط بیست‌تای آن‌ها برای تولید ما انسان‌ها و اغلب دیگر موجودات زنده ضروری هستند. اسید آمینهٔ بیست و دوم که پیرولیسین نامیده می‌شود در سال ۲۰۰۲ توسط پژوهشگران دانشگاه ایالتی اوهایو کشف شد و فقط در نوع واحدی از کهن‌زیان یا دیرینه زیان (شکل پایهٔ حیات که در صفحات بعد به آن خواهیم پرداخت) موسوم به متانوسارسیان بارکری (*Metheanosarcian barkeri*) یافت می‌شود.

باید دستهٔ دستگاه را بکشید تا تمام ۱۰۵۵ علامت به ترتیب صحیح در کنار هم قرار گیرند؟ راستش را بخواهید: تا ابد. حتی اگر تعداد چرخ‌های گردنده را به دویست کاهش دهید، که عملاً تعداد رایج اسیدهای آمینه در هر پروتئین است، احتمال برد در برابر تمام دویست چرخی که به یک ترتیب از پیش تعیین شده ظاهر می‌شوند ۱ به ۱۰۲۶۰ (یعنی عدد ۱ به اضافه ۲۶۰ صفر به دنبال آن) است. این، خود عددی است بزرگ‌تر از تعداد تمام اتم‌های موجود در کائنات.

کوتاه سخن آنکه پروتئین‌ها موجوداتی پیچیده هستند. هموگلوبین فقط ۱۴۶ اسید آمینه طول دارد که در مقایسه با معیارهای پروتئینی، بسیار زهوار در رفته به شمار می‌آید اما با این حال دارای ۱۰۱۹۰ احتمال ترکیب اسید آمینه‌ای است و به همین علت بود که روشن ساختن آن ۲۳ سال ـ کم و بیش یک عمر فعال ـ برای ماکس پروتس از شیمی‌دانان دانشگاه کیمبریج طول کشید. تولید یک پروتئین واحد توسط رویدادهای تصادفی، از نامحتملات حیرت‌انگیز به نظر می‌آید ـ مانند گردبادی که در انبار ضایعات پیچیده است در پایان، یک جامبوجت تماماً مونتاژ شده از خود برجا بگذارد، و این همان تشبیه زیبایی است که فرد هویل اخترشناس بیان می‌کند.

با اینحال، ما در اینجا از چند هزار نوع و شاید هم از یک میلیون پروتئین صحبت می‌کنیم که هر یک در نوع خود یگانه است و هر یک، تا جایی که ما می‌دانیم، برای سرپا و شاد نگهداشتن وجود تک‌تک ما ضروری. پروتئین برای آنکه مفید واقع شود نه فقط باید اسیدهای آمینه را با ترتیب و توالی صحیح به هم پیوند دهد بلکه به دنبال آن باید در نوعی فرآیند اوریگامی یا تاخوردگی شیمیایی داخل شود و خود را به شکلی بسیار خاص تا کند. پروتئین، حتی پس از رسیدن به این پیچیدگی ساختاری، در صورتی که نتواند خود را تکثیر یا تولید مثل کند، هیچ فایده‌ای برای ما ندارد، و پروتئین‌ها قادر به چنین تکثیری نیستند. بدین منظور به DNA نیاز داریم. DNA استاد و خدای تکثیر خود است ـ در چند ثانیه می‌تواند نسخهٔ دوم خودش را تولید کند ـ اما عملاً هیچ کار دیگری از دستش بر نمی‌آید. بدین ترتیب ما در وضعیتی متناقض‌نما قرار می‌گیریم. پروتئین‌ها نمی‌توانند بدون DNA وجود داشته باشند و DNA نیز بدون وجود پروتئین‌ها هیچ هدف یا مصرفی ندارد. بنابراین، آیا باید چنین فرض کنیم که پروتئین‌ها به طور

همزمان و با هدف پشتیبانی از یکدیگر پدید آمدند؟ اگر چنین باشد: وای!

ولی موضوع به همین جا ختم نمی‌شو. DNA، پروتئین‌ها و دیگر مواد مرکب حیات، بدون وجود نوعی غشا برای نگهداشتن آن‌ها در خود نمی‌توانند رونق یابند و شکفته شوند. هیچ اتم یا مولکولی تاکنون مستقلاً به حیات دست نیافته است. هر اتم، به محض آنکه از بدن شما جدا شود دیگر زنده نیست و هیچ تفاوتی با یک دانه ماسه نخواهد داشت. فقط زمانی که اتم‌ها در پناهگاه تقویت کننده و مساعد درون یک سلول در کنار هم قرار گیرند این مواد گوناگون می‌توانند در رقص حیرت‌آوری شرکت جویند که ما آن را حیات می‌نامیم. بدون وجود سلول، این‌ها چیزی جز یک مشت مواد شیمیایی جالب نیستند. اما سلول بدون مواد شیمیایی، هدف یا کاربردی ندارد. به گفتهٔ پل دیویس فیزیک‌دان: «اگر هر چیزی به هر چیز دیگر نیاز داشته باشد، پس این اجتماع مولکول‌ها اصولاً چگونه به وجود آمد؟» وضع طوری است که گویی تمام مواد تشکیل دهنده، در آشپزخانهٔ ما، به نحوی گرد آمدند و پخته شدند و به یک کیک تبدیل شدند ـ اما کیکی که علاوه بر آن می‌تواند در موارد ضروری به بخش‌های کوچکتری تقسیم شود و کیک‌های بیشتری تولید کند. پس نباید چندان در شگفت شد از اینکه ما چنین چیزی را معجزهٔ حیات می‌نامیم. همچنین، نباید چندان در شگفت شد اگر گفته می‌شود ما تازه نخستین گام‌ها را در جهت شناخت حیات برداشته‌ایم.

* * *

بنابراین، این همه پیچیدگی حیرت‌انگیز نتیجهٔ کدامین علت است؟ پاسخ شاید این باشد که حیات، آن چنان که در وهلهٔ نخست به نظر می‌رسد خیلی زیاد ـ نه خیلی ـ حیرت‌انگیز نیست. مثلاً همین پروتئین‌ها را که موادی بی‌نهایت نامحتمل هستند در نظر بگیرید. آنچه به صورت شگفتی در چگونگی به هم وصل شدن پروتئین‌ها مشاهده می‌شود از این فرض ناشی می‌شود که می‌گوید پروتئین‌ها زمانی وارد صحنه شدند که کاملاً شکل گرفته بودند. اما اگر معلوم شود زنجیره‌های پروتئین‌ها در یک لحظه به هم وصل نشده‌اند چه می‌توان گفت؟ اگر معلوم شود که امکان نگهداشتن برخی از چرخ‌ها در ماشین قمار سکه‌ای یا جک بات آفرینش وجود داشته است، همچنان که هر قمارباز می‌تواند چند چرخ را با تصویر گیلاس نگهدارد به این امید که برنده خواهد شد، چه می‌توان گفت؟ به

عبارت دیگر اگر معلوم شود که پروتئین‌ها ناگهان به عرصهٔ وجود یورش نیاوردند بلکه تدریجاً تکامل یافتند چه می‌توان گفت؟

فرض کنید توانسته‌اید تمام مواد تشکیل دهندهٔ بدن انسان ـ کربن، هیدروژن، اکسیژن، و مانند اینها ـ را تهیه و به اضافهٔ قدری آب در یک ظرف بریزید و تکانی شدید به آن وارد آورید و در پایان، شخصی با قامت کامل از آن ظرف خارج شده است. چنین چیزی خارق‌العاده است. این همان چیزی است که هویل و دیگران (از جمله بسیاری از هواداران پروپاقرص نظریهٔ آفرینش باوری) هنگام طرح نظریهٔ شکل‌گیری خلق‌الساعه و خود انگیختهٔ پروتئین بدان استناد می‌کنند. پروتئین‌ها چنین عمل نکردند ـ و نمی‌توانند چنین عمل کنند. همچنان که ریچارد داوکینز در کتاب ساعت‌ساز نابینا می‌گوید، به احتمال قوی می‌بایست یک فرآیند گزینش تراکمی در کار بوده باشد که امکان به هم پیوستن و انبوه شدن را به اسیدهای آمینه داده باشد. احتمالاً دو یا سه اسید آمینه برای هدفی ساده به یکدیگر پیوسته‌اند و پس از گذشت اندک زمانی، به انبوههٔ مشابهی از اسیدهای آمینه اصابت کرده‌اند و در این ضمن به انجام اصلاحی اضافی «پی برده‌اند.»

واکنش‌های شیمیایی از نوع واکنش‌های مرتبط با حیات، عملاً موضوعی پیش پا افتاده‌اند. پختن این واکنش‌ها در یک آزمایشگاه و به روش استنلی میلر و هرلد یوری، ممکن است از حد توان ما خارج باشد اما کائنات این کار را به سادگی انجام می‌دهد. انبوهی از مولکول‌ها در طبیعت به هم دیگر وصل می‌شوند تا زنجیره‌هایی طولانی به نام پولیمر (بسپار) تشکیل دهند. قندها دایماً به یکدیگر وصل می‌شوند تا نشاسته تشکیل دهند. بلورها نمی‌توانند چندین کار حیات‌گونه انجام دهند ـ خود را تکثیر کنند، به محرک‌های محیطی واکنش نشان دهند، شکل و پیچیدگی الگو یافته‌ای به خود بگیرند. البته اینها هیچ‌گاه به خود حیات دست نیافته‌اند ولی بارها و بارها اثبات می‌کنند که پیچیدگی، رویدادی طبیعی، خودانگیخته و تماماً پیش پا افتاده است. دامنهٔ حیات در کل طبیعت ممکن است خیلی زیاد باشد یا نباشد، اما هیچ کمبودی از لحاظ اتصال انتظام یافتهٔ خود به خودی، در هر چیزی، از تقارن مبهوت کنندهٔ دانه‌های برف گرفته تا حلقه‌های جذاب دور زحل وجود ندارد.

این تمایل و کشش طبیعی به متصل شدن به قدری قوی است که امروزه

بسیاری از دانشمندان معتقدند که حیات ممکن است بیش از آنچه تصور می‌کنیم اجتناب‌ناپذیر باشد ـ یعنی، به گفتهٔ کریستین دو دوو بیوشیمی‌دان بلژیکی و برندهٔ جایزهٔ نوبل، «تجلی ضروریِ ماده است، و هرگاه شرایط مساعد باشد قطعاً پدیدار خواهد شد.» دو دوو احتمال می‌داد که در هر کهکشان، شاید یک میلیون بار با چنین شرایطی برخورد شود.

بدون تردید در مواد شیمیایی حیات‌بخش به ما هیچ چیز خارق‌العاده‌ای وجود ندارد. اگر دلتان بخواهد یک شیء زندهٔ دیگر ـ اعم از یک ماهی قرمز یا یک بسته کاهو یا یک انسان ـ بیافرینید تنها چیزی که عملاً برای این کار نیاز دارید فقط چهار عنصر اصلی یعنی کربن، هیدروژن، اکسیژن، و نیتروژن به اضافهٔ مقادیر اندکی از چند عنصر دیگر و احتمالاً گوگرد، فسفر، کلسیم، و آهن است. اگر این عناصر را در سی و چند ترکیب با هم داخل کنید مقادیری از انواع قندها، اسیدها و دیگر ترکیبات پایه به دست می‌آورید و می‌توانید هر چیز زنده را بسازید. به گفتهٔ داوکینز: «در موادی که موجودات زنده از آن‌ها ساخته می‌شوند هیچ خصوصیت استثنایی وجود ندارد. موجودات زنده، مانند هر چیز دیگر، مجموعه‌هایی از مولکول‌ها هستند.»

ماحصل سخن آنکه حیات، چیزی حیرت‌انگیز و مسرت بخش و شاید معجزه‌آسا باشد اما به هیچ وجه ناممکن نیست ـ همچنان که ما بارها با هستی متواضعانهٔ خودمان بر آن گواهی داده‌ایم. تردیدی نیست که بسیاری از جزییات مقدمات یا نخستین مراحل حیات، یکسره غیر قابل محاسبه می‌مانند. هر شرحی و گزارشی که تاکنون دربارهٔ شرایط لازم برای پیدایش حیات مطالعه کرده‌اید شامل آب ـ از «حوض گرم کوچک» که داروین آن را سرچشمهٔ حیات فرض می‌کرد گرفته تا شکاف‌های قل‌قل کنان دریاها که امروزه محتمل‌ترین جایگاه‌های فرضی برای پیدایش مقدمات حیات به شمار می‌روند ـ ولی در همهٔ آن‌ها به این نکته توجه نمی‌شود که تبدیل کردن مونومرها (تک پارها) به پولیمرها (بسپارها) (به عبارت دیگر، دست اندرکار فراهم آوردن مقدمات برای آفریدن پروتئین‌ها شدن) مستلزم وجود آن چیزی است که «حلقه‌های پیوند دهیدراتاسیون» نامیده می‌شوند. همچنان که در یکی از متن‌های معتبر در زمینهٔ زیست‌شناسی گفته می‌شود (البته با مختصر اشاره‌ای که حکایت از ناراحتی نویسنده دارد)،

«پژوهندگان بر سر این نکته توافق دارند که این‌گونه واکنش‌ها از لحاظ انرژی‌زایی در دریای اولیه یا به بیان دقیق‌تر در هر محیط آبی دیگر به علت عملکرد قانون اثر جرم، مفید واقع نمی‌شده‌اند.» این کار، تا حدی مثل آن است که قند را در یک لیوان پر آب بیندازیم و مجبورش کنیم که به صورت حبه درآید. چنین چیزی نباید رخ دهد، اما در طبیعت به نحوی از انحا رخ می‌دهد. فعل و انفعال شیمیاییِ کل این پدیده در ارتباط با موضوع بحث ما در اینجا اندکی پنهان است، اما کافی است این نکته را بدانیم که هرگاه مونومرها را خیس کنیم به پلیمر تبدیل نمی‌شوند ــ به استثنای زمانی که بخواهیم حیات را در کرهٔ زمین خلق کنیم. اینکه تبدیل مزبور چگونه و چرا در آن زمان رخ می‌دهد و غیر از آن رخ نمی‌دهد، یکی از پرسش‌های بی‌پاسخ ماندهٔ علم زیست‌شناسی است.

یکی از بزرگترین شگفتی‌ها در علوم زمین در دهه‌های اخیر، کشف این نکته بود که حیات در کدامین مرحلهٔ آغازین تاریخ کرهٔ زمین به ظهور رسید. تا اواسط دههٔ ۱۹۵۰ چنین تصور می‌شد که چیزی کمتر از ۶۰۰ میلیون سال از عمر پیدایش حیات گذشته است. در دههٔ ۱۹۷۰ برخی دانشمندان، جسارت کردند و احتمال دادند که این رقم را می‌توان تا دو میلیارد و پانصد میلیون سال به عقب برد. اما تاریخ ۳/۸۵ میلیارد سالی که اکنون برای آن در نظر گرفته می‌شود، اندکی عجولانه به نظر می‌رسد. سطح کرهٔ زمین تا پیش از ۳/۹ میلیارد سال پیش از این به حالت جامد در نیامده بود.

در سال ۱۹۹۶ استیفن جی گولد در نشریهٔ نیویورک تایمز چنین نوشت: «از این سرعت عمل، فقط می‌توان چنین استنباط کرد که تکامل یافتن حیات در سطح باکتری در سیاره‌های دارای شرایط مساعد، دشوار نیست.» یا همچنان که در جایی دیگر می‌گوید، به سختی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نکرد که «حیات، پس از ظهور در نخستین مهلت ممکن، از لحاظ شیمیایی، محتوم بود که وجود داشته باشد.»

به عبارت دقیق‌تر، حیات چنان شتابان به ظهور رسید که برخی از دانشمندان تصور می‌کنند که احتمالاً از جایی به آن کمک شده است ــ آن هم کمک فراوان. این اندیشه که حیاتِ موجود در کرهٔ زمین ممکن است از فضا به اینجا آمده باشد تاریخچه‌ای بس طولانی و حتی گاهی برجسته دارد. لرد کِلوین بزرگ، این امکان را شخصاً در سال ۱۸۷۱ و در جلسهٔ انجمن بریتانیایی پیشبرد

علوم مطرح کرد و اعلام داشت که «نطفه‌های حیات، احتمالاً توسط یک شهاب سنگ به کرهٔ زمین آورده شده‌اند.» اما این سخن، تا یکی از روزهای یکشنبهٔ دسامبر ۱۹۶۹ که ده‌ها هزار استرالیایی از شنیدن یک رشته غرش صوتی و مشاهدهٔ شهاب ثاقبی که همچون برق از شرق به غرب آسمان می‌گذشت یکه خوردند، چیزی جز یک اظهار نظر حاشیه‌ای تلقی نمی‌شد. شهاب ثاقب، هنگام عبور از آسمان، صدای ترق و توروق عجیبی از خود درآورد و بویی ایجاد کرد که برخی‌ها آن را به عرق متیل‌دار شده یا الکل تقلبی تشبیه کردند و برخی دیگر آن را بسیار بد توصیف کردند.

شهاب ثاقب بر بالای شهر ششصد هزار نفری مورچیسن در درهٔ گاولبرن، شمال ملبورن، منفجر شد و تکه‌های آن (که وزن‌شان گاهی به دوازده پوند می‌رسید) همچون باران بر زمین باریدن گرفتند. خوشبختانه، کسی در این واقعه زخمی نشد. این شهاب ثاقب از انواع نادر سنگ‌های آسمانی بود که کندریت کربن‌دار نامیده می‌شود، و اهالی شهر نیز دست به دست هم دادند و مقداری از آن را با وزن تقریبی دویست پوند گردآوری کردند. زمان واقعه، به سختی ممکن بود از این مناسب‌تر باشد. کمتر از دو ماه پیش، فضانوردان سفینهٔ آپولو ۱۱ با یک کیسهٔ پر از سنگ‌های سطح کرهٔ ماه به زمین بازگشته بودند، به همین دلیل آزمایشگاه‌های سراسر جهان برای آزمایش سنگ‌هایی با منشاء فضایی تجهیز شده بودند ــ یا به بیان دقیق‌تر به وجد آمده بودند.

معلوم شد که عمر سنگ آسمانی مورچیسن به چیزی در حدود ۴/۵ میلیارد سال می‌رسد، و در چندین نقطهٔ آن اسیدهای آمینه ــ بر روی هم هفتاد و چهار نوع، که هشت نوع‌شان در شکل‌گیری پروتئین‌های زمینی دخالت دارند مشاهده شدند. در اواخر سال ۲۰۰۱ یعنی نزدیک به سی‌سال پس از انفجار بالا، گروهی از دانشمندان در مرکز پژوهش ایمز در کالیفرنیا اعلام کردند که سنگ مورچیسن دارای رگه‌های پیچیده‌ای از قندهایی به نام پولیول‌ها (polyols) است که تا پیش از آن تاریخ در سطح کرهٔ زمین یافت نشده بودند.

از آن تاریخ به بعد، چند کندریت کربن‌دار در مسیر زمین سرگردان شده‌اند ــ یکی از آن‌ها که در ژانویهٔ سال ۲۰۰۰ در نزدیکی دریاچهٔ تگیش در یوکون کانادا به زمین فرود آمد از بخش‌های بزرگی از آمریکای شمالی دیده شد ــ و به

نوبهٔ خود اثبات کرده‌اند که کائنات از لحاظ مواد آلی، بسیار غنی است. امروزه اعتقاد بر این است که نزدیک به ۲۵ درصد حجم ستارهٔ دنباله‌دار هالی را مولکول‌های آلی تشکیل می‌دهند. اگر به مقدار کافی از مولکول‌هایی را که به نقطه‌ای مناسب ــ مثلاً کرهٔ زمین ــ اصابت می‌کنند به دست آورید عناصر بنیادی لازم برای حیات را در اختیار خواهید داشت.

در مورد نظریه‌های مربوط به منشاء فضایی حیات که پان‌اسپرمیا (panspermia) نامیده می‌شوند، دو مسأله وجود دارد. نخستین مسأله آن است که به هیچ پرسشی دربارهٔ چگونگی پیدایش پاسخ نمی‌دهد بلکه فقط مسئولیت مربوط به آن را به جایی دیگر منتقل می‌کند. مسألهٔ دوم آن است که پان‌اسپرمیا گاهی حتی معتبرترین هواداران را تا چنان سطوحی از خلاقیت به حرکت در می‌آورد که آن را بدون هیچ خطری می‌توان گستاخانه نامید. فرانسیس کریک، یکی از دو کاشف ساختار DNA و همکارش لسلی اورگل گفته‌اند که «بذر حیات، عمداً به وسیلهٔ بیگانگان تیز هوش در کرهٔ زمین افشانده شد.» این، اندیشه‌ای است که گریبین آن را «در آخرین حد حاشیهٔ اعتبار علمی» می‌نامد ــ یا به عبارت دیگر، آن را نظریه‌ای می‌داند که اگر از زبان یک دانشمند برندهٔ جایزهٔ نوبل شنیده نشده بود، شدیداً احمقانه به شمار می‌آمد. فرِد هویل و همکارش چاندرا ویکراماسینگه، با طرح این نظر که فضای کیهانی نه فقط حیات را به ما ارزانی داشته است بلکه بسیاری از بیماری‌ها نظیر آنفلوانزا و طاعون خیارکی را نیز از آن داریم، نظریهٔ پان‌اسپرمیا را باز هم ضعیف‌تر کردند، اما بیوشیمیست‌ها در اندک زمانی نادرستی آن‌ها را اثبات کردند. هویل ــ و به نظر می‌رسد بهتر است در اینجا این نکته را نیز یادآوری کنیم که او یکی از بزرگترین اندیشمندان علمی سدهٔ بیستم بود ــ همچنان که پیش از این گفتیم، یک بار گفت بینی انسان با سوراخ‌هایی که در زیر آن واقع شده‌اند برای جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا به آن در جریان رانده شدن آن‌ها از فضای خارج به سوی کرهٔ زمین، چنین ساخته شده‌اند.

پیدایش حیات بر اثر هر عاملی که بوده باشد، فقط یک بار رخ داده است. این، حیرت‌انگیزترین واقعیت در علم زیست‌شناسی و شاید هم خارق‌العاده‌ترین واقعیتی است که بشر توانسته است آن را درک کند. هر آنچه از آن زمان به بعد در این جهان پای به عرصهٔ هستی نهاده است، اعم از گیاه و جانور، پیدایشش را به

همان حرکت یا تکان آغازین مدیون است. در نقطه‌ای خاص و در گذشته‌های دور و دراز، بستهٔ کوچکی از مواد شیمیایی، حرکتی به خود داد و لحظهٔ پیدایش حیات را اعلام کرد. برخی مواد مغذی را به خود جذب کرد، آرام آرام به تپش درآمد، و اندک زمانی زیست. تا این اندازه، احتمالاً بارها، در آن گذشته‌های دور و دراز رخ داده است. اما همین بستهٔ نیاکانی، کاری اضافی و خارق‌العاده نیز انجام داد: خود را شکافت و یک وارث برای خود آفرید. بستهٔ کوچکی حاوی مواد وراثتی، از یک موجود زنده به موجود زنده‌ای دیگر منتقل شده، و از آن زمان تاکنون از حرکت باز نایستاده است.

آن لحظه، برای همهٔ ما، لحظهٔ آفرینش بود. زیست شناسان، گاهی آن لحظه را زایش بزرگ می‌نامند.

مت ریدلی می‌گوید: «در این جهان به هر جا که بروید، به هر جانور، گیاه، حشره یا قطره آبی که بنگرید، اگر زنده باشد از یک فرهنگ لغت استفاده خواهد کرد و یک رمز را خواهد شناخت. کل حیات، یکی است و بس.» ما جملگی نتیجهٔ یک ترفند وراثتی هستیم که تقریباً طی چهار میلیارد سال گذشته، از نسلی به نسلی دیگر رسیده است، تا جایی که امروز شما می‌توانید تکه‌هایی از رمز توارثی انسان را بردارید، به یک سلول ناقص خمیرمایه بچسبانید تا ببینید خمیرمایه چنان آن را فعال می‌کند که گویی با رمز توارثی خودش سروکار دارد. به یک مفهوم واقعی، این رمز توارثی، رمز خود خمیرمایه نیز هست.

سپیده‌دمان حیات ــ یا چیزی بسیار شبیه به آن ــ روی یکی از قفسه‌های دفتر کار یک ژئوشیمیست ایزوتوپی و دوست داشتنی به نام ویکتوریا بنت در ساختمان علوم زمین دانشگاه ملی استرالیا در کانبرا آرام گرفته است. خانم بنت که اصلاً آمریکایی است، در سال ۱۹۸۹ به دنبال امضای یک قرارداد دو ساله از کالیفرنیا عازم دانشگاه ملی استرالیا شد و از آن زمان تاکنون نیز در همان جا مانده است. در اواخر سال ۲۰۰۱ که من با ایشان دیدار کردم، یک تکه سنگ نسبتاً درشت متشکل از نوارهای باریک و یک در میان کوارتس سفید و یک مادهٔ خاکستری مایل به سبز به من داد که کلینوپیروکسن (clinopyroxene) نامیده می‌شد. این سنگ

در جزیرهٔ آکیلیا متعلق به گرینلند به دست آمده بود که در سال ۱۹۹۷ انواع سنگ‌های عجیب و غریب باستانی به وفور در آن یافت شد. عمر این سنگ‌ها به ۳/۸۵ میلیارد سال می‌رسد و کهن‌ترین رسوبات یافت شدهٔ دریایی تا این تاریخ به شمار می‌روند.

خانم بنت گفت: «با قطعیت نمی‌توان گفت سنگی که شما اکنون در دست گرفته‌اید حاوی موجودات زنده بوده است زیرا برای پی بردن به این نکته باید آن را خرد و آسیاب کرد. اما این سنگ به همان رسوبی تعلق دارد که کهن‌ترین آثار حیات به دنبال حفاری در آن‌ها به دست آمد، به همین دلیل می‌توان گفت احتمالاً حاوی حیات بوده است.» ما هر قدر دقیق‌تر پژوهش کنیم نخواهیم توانست میکرب‌های واقعی و فسیل شده را پیدا کنیم. متاسفانه هر موجود زندهٔ ساده بر اثر فرآیندهای تبدیل کنندهٔ گِل اقیانوس به سنگ، پخته می‌شد و از میان می‌رفت. در عوض، اگر این سنگ را خرد کنیم و در زیر میکروسکپ مورد مطالعه قرار دهیم، آنچه در آن مشاهده خواهیم کرد پسماندهایی شیمیایی است که موجودات زنده از خود برجا گذاشته‌اند ــ ایزوتوپ‌های کربن و نوعی فسفات به نام آپاتیت، که توأماً مدرکی محکم و دال بر این واقعیت هستند که این سنگ یک زمانی حاوی گروه‌هایی از موجودات زنده در خود بوده است. بنت می‌گوید: «برای آنکه تصوری از شکل ظاهر آن موجود زنده پیدا کنیم فقط می‌توانیم به حدس وگمان متوسل شویم. این موجود، احتمالاً در پایین‌ترین حد بنیادی حیات قرار داشت ــ اما هرچه بود حیات بود. زندگی می‌کرد. تکثیر می‌یافت.»

و سرانجام به انسان امروزی رسید.

اگر فعالانه به مطالعهٔ سنگ‌های باستانی علاقه دارید، و خانم بنت نیز بدون تردید چنین علاقه‌ای دارد، دانشگاه ملی استرالیا بهترین مکان برای چنین مطالعه‌ای است. این وضعیت تا حد زیادی مرهون خلاقیت‌های مردی است به نام بیل کامپستن که اکنون بازنشسته شده است اما در دههٔ ۱۹۷۰ نخستین ریز کاوشگر یونی حساس و دارای قدرت تفکیک بالا را ساخت که در زبان انگلیسی با حروف آغاز کلمات عبارت بالا یعنی SHRIMP (به معنی میگو) نشان داده می‌شود. این کاوشگر، ماشینی است که سرعت واپاشی اورانیم را در کانی‌های ریز که زیرکُن نامیده می‌شوند اندازه‌گیری می‌کند. زیرکُن‌ها در تمام سنگ‌ها به

استثنای سنگ‌های بازالت ظاهر می‌شوند و بی‌نهایت بادوام هستند، در برابر تمام فرآیندهای طبیعی دوام می‌آورند جز در برابر فرورانش. بخش بزرگی از پوستهٔ کرهٔ زمین، در نقطه‌ای خاص والغزیده و به درون کوره کشانده شده است، اما زمین شناسان در برخی موارد انگشت شمار ـ مثلاً در غرب استرالیا و گرینلند ـ به رخنمون‌هایی سنگی برخورده‌اند که همیشه در سطح زمین باقی مانده‌اند. دستگاه کامپستن امکان تاریخ‌گذاری دقیق و بی‌مانند این گونه سنگ‌ها را فراهم آورد. نمونهٔ اولیه این دستگاه در کارگاه‌های خود دپارتمان علوم زمین ساخته و ماشین کاری شد، و ظاهراً به چیزی شباهت داشت که با استفاده از قطعات یدکی ارزان قیمت ساخته شده باشد، اما کارش فوق‌العاده بود. در نخستین آزمایش رسمی، در سال ۱۹۸۲، کهن‌ترین شیء یافت شده ـ تکه سنگی با قدمت ۴/۳ میلیارد سال از غرب استرالیا ـ را تاریخ‌گذاری کرد.

بنت گفت: «آن زمان، پیدا کردن چیزی چنین مهم، چنین سریع، و به کمک فناوری نویافته، هیجانی بزرگ به وجود آورد.»

برای آنکه مدل جدید آن دستگاه یعنی SHRIMP II را به من نشان دهد، مرا به انتهای تالار دعوت کرد. این یکی، دستگاهی بزرگ و سنگین از جنس فولاد زنگ نزن، به طول تقریبی ۱۲ فوت و ارتفاع پنج فوت بود و از لحاظ قدرت چیزی از کاوشگر اعماق دریاها کم نداشت. پشت میز فرمان مقابل دستگاه، مردی به نام باب از دانشگاه کنتربری در زلند جدید نشسته بود که یک لحظه از ردیف اعداد دایماً متغیر در صفحهٔ دستگاه چشم بر نمی‌داشت. به من گفت که از ساعت ۴ صبح پشت آن میز بوده است. این دستگاه ۲۴ ساعته کار می‌کند؛ حالا می‌توانید تصور کنید چه مقدار سنگ برای تاریخ گذاری وجود دارد. چند دقیقه‌ای از ساعت ۹ صبح گذشته بود و دستگاه هم تا ظهر در اختیار باب بود. کافی است از دوتا ژئوشیمیست بپرسید که دستگاهی مانند این SHRIMP II چگونه کار می‌کند تا آن‌ها با چنان حرارتی دربارهٔ درصد فراوانی ایزوتوپ‌ها و سطوح یونش لب به سخن بگشایند که بیش از آنکه فهمیدنی باشد دوست داشتنی است. لیکن ماحصل این همه آن بود که دستگاه جدید با بمباران کردن نمونهٔ سنگ به کمک جریان‌هایی از اتم‌های باردار، قادر است تفاوت‌های ظریف در مقادیر سرب و اورانیم موجود در نمونه‌های زیرکُن را آشکار سازد، که به این

وسیله می‌توان عمر سنگ‌ها را دقیقاً پیدا کرد. باب به من گفت که خواندن هر زیرکُن در حدود هفده دقیقه طول می‌کشد و برای اطمینان بخش کردن اطلاعات، لازم است ده‌ها زیرکُن از هر سنگ خوانده شود. در عمل، به نظر می‌رسید که این کار، مستلزم به کارگیری همان سطح از فعالیت پراکنده و همان برانگیختگی لازم در کار ماشین لباسشویی سکه‌ای باشد. لیکن باب خیلی خوشحال به نظر می‌رسید؛ اما تک تک مردم زلند جدید نیز عموماً بسیار خوشحالند.

مجتمع علوم‌زمین، تلفیق عجیبی بود ــ چند دفتر کار، چند آزمایشگاه و چند انبار ماشین‌آلات. بنت گفت: «ما همه چیز را معمولاً در همین‌جا می‌ساختیم. حتی یک شیشه‌گر از خودمان داشتیم که حالا بازنشسته شده است. اما هنوز هم دوتا سنگ‌شکن تمام وقت داریم.» کم‌کم داشتم از این همه کار حیرت زده می‌شدم که بنت گفت: «ما به انبوه سنگ‌های گوناگون بر می‌خوریم. مجبوریم همهٔ آن‌ها را به دقت آماده سازی کنیم. باید مطمئن شد که هیچ‌گونه آلودگی از نمونه‌های قبلی بر جا نمانده است ــ مانند غبار یا ذرات دیگر. این یک فرآیند کاملاً موشکافانه است.» دستگاه‌های سنگ‌شکن را که خیلی‌تر و تمیز بودند به من نشان داد، گویا کارگران مسئول آن‌ها رفته بودند استراحت کنند و قهوه‌ای نوش جان کنند. در کنار دستگاه‌ها چند جعبهٔ بزرگ پر از سنگ‌هایی به شکل‌ها و ابعاد گوناگون جلب توجه می‌کرد. در دانشگاه ملی استرالیا، عملاً دربارهٔ انواع گوناگون سنگ‌ها تحقیق می‌شود.

وقتی پس از گردش و بازدید علمی به دفتر کار بنت برگشتیم، پوستری را دیدم که از دیوار آویخته بود و تفسیر تخیل‌آمیز و رنگارنگ یک نقاش از کرهٔ زمین را با ظاهر احتمالی آن در ۳/۵ میلیارد سال پیش، یعنی همزمان با پیدایش حیات و دورهٔ باستانی معروف به کُهن‌زی در علم زمین‌شناسی نشان می‌داد. در این پوستر منظرهٔ غریبی از یک آتشفشان عظیم و بسیار فعال و یک دریای پر از بخار و به رنگ مسین در زیر آسمانی خشن و سرخ رنگ جلب توجه می‌کرد. استروماتولیت‌ها که نوعی از سنگ باکتری دار هستند، بخش‌های کم عمق دریا را در پیشزمینهٔ پوستر اشغال کرده بودند. آنچه دیده می‌شد هیچ شباهتی به یک مکان مناسب برای آفرینش و تقویت حیات نداشت. از خانم بنت دربارهٔ دقت به کار رفته در این نقاشی سوآل کردم.

«راستش را بخواهید، بنابر یک مکتب فکری، کرهٔ زمین در آن روزگار عملاً سرد بود زیرا خورشید از آنچه امروز می‌بینیم، خیلی ضعیف‌تر بود.» (بعدها متوجه شدم که زیست‌شناسان، وقتی بخواهند با هم شوخی کنند از این منظره با عبارت «مسالهٔ رستوران چینی‌ها» نام می‌برند ــ زیرا خورشید کم سو بوده است.) «بدون وجود اتمسفر، اشعهٔ ماورای بنفش خورشید، حتی از یک خورشید ضعیف، معمولاً باعث از هم گسیختگی هر اتصال اولیه‌ای می‌شد که بین مولکول‌ها شکل می‌گرفت. و با این حال، درست در همین جا» ــ دستش را آرام روی استروماتولیت‌ها گذاشت ــ «تقریباً در سطح اینها، موجودات زنده وجود دارند. این یک معما است.»

«بدین ترتیب، نمی‌دانیم دنیای ما در آن روزها چگونه بوده است؟»

متفکرانه پذیرفت: «همم.»

«هرچه باشد، به نظر نمی‌رسد که برای پیدایش حیات مناسب بوده باشد.»

دوستانه سرش را تکان داد. «اما به احتمال قوی می‌بایست چیزی مناسب برای پیدایش حیات وجود می‌داشت. در غیر این صورت ما در اینجا نمی‌بودیم.»

بدون تردید، چنان وضعیتی مناسب حال ما نبوده است. اگر قرار می‌بود پای‌تان را از یک ماشین زمان بیرون بگذارید و در دنیای باستانیِ کهن‌زی داخل شوید، در یک آن به عقب می‌جستید و به درون ماشین باز می‌گشتید زیرا در کرهٔ زمین آن روزی، درست مانند مریخ امروزی، هیچ اکسیژنی برای تنفس کردن وجود نداشت. گذشته از این، کرهٔ زمین از بخارهای سمی حاصل از اسید هیدروکلریک و اسید سولفوریک چنان قوی انباشته بود که می‌توانستند هر پوششی را سوراخ سوراخ کنند و سطح بدن را پر از تاول سازند. حتی چشم‌اندازهای روشن و درخشانی را که در پوستر روی دیوار دفتر کار ویکتوریا بنت دیدیم در برابر ما نمی‌گشود. اتمسفر کرهٔ زمین در آن روزها که ترکیبی از انواع مواد شیمیایی بود نمی‌گذاشت نور خورشید به قدر کافی به سطح زمین برسد. مقدار ناچیزی از سطح زمین که گاه‌گاهی قابل مشاهده می‌شد، از جرقه‌های درخشان و مکرر صاعقه روشنی می‌گرفت. به عبارت مختصر، چنین بود وضع کرهٔ زمین، اما زمینی

که نمی‌شود آن را به عنوان کرهٔ زمین امروزی تشخیص داد.

رویدادهای دارای بازگشت دوره‌ای در دنیای کهن‌زی، بسیار انگشت شمار و پراکنده بود. طی دو میلیارد سال، موجودات باکتریایی، تنها شکل‌های حیات بودند. آن‌ها در کرهٔ زمین آن روزی زندگی می‌کردند، تولید مثل می‌کردند، در نقاطی ازدحام می‌کردند، اما هیچ تمایل خاصی به حرکت کردن در جهت رسیدن به سطح دیگری از هستی که چالش انگیزتر از سطح موجودشان باشد از خود نشان نمی‌دادند. در نخستین میلیارد سال حیات، در نقطه‌ای خاص، سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های آبی ـ سبز، راه استفاده از یک منبع آزاد و موجود در اطراف‌شان ـ هیدروژنی که به وفور و مقادیر حیرت‌انگیز در آب وجود دارد ـ را یاد گرفتند. مولکول‌های آب را جذب کردند، هیدروژن را نم‌نم خوردند و اکسیژن را به صورت ضایعات پس دادند، و با این کارشان فتوسنتز را ابداع کردند. همچنان که مارگولیس و ساگان گفته‌اند، «فتوسنتز، بدون تردید تنها نوآوری مهم متابولیکی در تاریخ حیات و در کرهٔ زمین به شمار می‌رود» ـ که آن هم نه به وسیلهٔ گیاهان بلکه به وسیلهٔ باکتری‌ها ابداع شد.

همزمان با تکثیر یافتن سیانوباکتری‌ها، جهان تدریجاً پر از $O_2$ شد و تعجب موجودات زنده‌ای را برانگیخت که آن را سمی یافتند ـ که البته آن روزها همهٔ موجودات نیز سمی بودند. در جهان غیر هوازی (یا مصرف کنندهٔ گازی غیر از اکسیژن)، گاز اکسیژن بی‌نهایت سمی است. سلول‌های سفید انسان، عملاً از اکسیژن برای کشتن باکتری‌های مهاجم استفاده می‌کنند. اینکه گفته می‌شود اکسیژن گازی اساساً سمی است، برای تعدادی از ما انسان‌ها که آن را عامل آرامش و آسایش در زندگی می‌دانیم تعجب‌انگیز به نظر می‌رسد، اما این فقط از آنجا ناشی می‌شود که ما طوری تکامل یافته‌ایم که از اکسیژن استفاده کنیم. اکسیژن برای چیزهای دیگر، فقط مایهٔ وحشت است. اکسیژن، همان عاملی است که موجب بو گرفتن و فاسد شدن کره و زنگ زدن آهن می‌شود. حتی ما فقط تا سطح معینی می‌توانیم اکسیژن را تحمل کنیم. سطح اکسیژن موجود در سلول‌های ما در حدود یک دهم سطح اکسیژن یافت شده در اتمسفر است.

موجودات زندهٔ جدید و مصرف کنندهٔ اکسیژن، دو امتیاز داشتند. اکسیژن، طریقه‌ای بمراتب کارآمدتر برای تولید انرژی بود، و توانست موجودات زندهٔ

رقیب را مغلوب کند. برخی از آن‌ها به دنیای پر از لای و لجن و بی‌هوازی باتلاق‌ها و ته دریاچه‌ها عقب نشینی کردند. برخی دیگر نیز همین راه را پیمودند اما بعدها (به فاصلهٔ بسیار زیاد) به درون مجراهای گوارشی موجوداتی چون من و شما مهاجرت کردند. درست در همین لحظه، انبوه بی‌شماری از این موجودات آغازین در درون بدن شما زنده‌اند و به گوارش غذایی که می‌خورید یاری می‌رسانند، اما از کوچکترین تماس با $O_2$ نفرت دارند. تعداد وصف‌ناپذیری از آن‌ها نیز نتوانستند خود را با محیط سازگار کنند و نابود شدند.

سیانوباکتری‌ها نوعی موفقیت سهل‌الوصول بودند. در آغاز، اکسیژن مازادی که تولید می‌کردند در اتمسفر انباشته نمی‌شد بلکه با آهن ترکیب می‌شد و تشکیل اکسیدهای فریک می‌داد، که این‌ها نیز به اعماق دریاهای آغازین فرو می‌رفتند. جهان، عملاً تا چند میلیون سال فقط زنگ می‌زد ــ و این پدیده‌ای بود که به شکلی زنده و نمایان در نهشت‌های راه‌راه آهنی که این همه سنگ آهن در اختیار کره زمین قرار داده است ثبت شد. تا ده‌ها میلیون سال بعد، هیچ تغییری فراتر از این در کرهٔ زمین رخ نداد. اگر به آن دنیای پروتروزوییک (پیشین زیوی) برگردید به نشانه‌های چندان امیدوار کننده‌ای دال بر آینده‌ای چنین متنوع برای حیات در کرهٔ زمین بر نخواهید خورد. شاید اینجا و آنجا، و درون استخرهای سرپوشیده به لایهٔ نازکی از یک قشر زنده یا لایه‌ای از روییدنی‌های سبز و قهوه‌ای براق بر روی سنگ‌های خط ساحلی برخورد کنید، اما غیر از این حیات همچنان غیر مریی بود.

اما در حدود ۳/۵ میلیارد سال پیش، تغییری آشکارتر و قوی‌تر شکل گرفت. هرجا که دریا کم عمق بود، موجودات مریی، تدریجاً ظاهر شدند. سیانوباکتری‌ها همچنان که مسیر تغییرات شیمیایی عادی خود را می‌پیمودند، آرام آرام چسبانک شدند و این چسبناکی موجب در دام افتادن ذرات بسیار ریز غبار و ماسه شد، که نتیجهٔ آن شکل‌گیری ساختارهایی اندک عجیب ولی صلب ــ همان استروماتولیت‌هایی که در آب‌های کم عمق پوستر روی دیوار دفترکار خانم ویکتوریا بنت دیدیم ــ بود. استروماتولیت‌ها به شکل‌ها و اندازه‌های مختلف ظاهر می‌شدند. گاهی به گل‌های کلم خیلی غول‌آسا شباهت پیدا می‌کردند، گاهی ظاهری همانند تشک‌های پف کرده داشتند (واژه stromatolite از ریشهٔ

یونانی به معنی «تشک» است)، و گاهی نیز به شکل ستون‌هایی در می‌آمدند که تا ده‌ها متر بالاتر از سطح آب قد کشیده بودند ــ به طوری که ارتفاع‌شان گاهی به صد متر می‌رسید. استروماتولیت‌ها در هر یک از شکل‌های گوناگون‌شان، نوعی سنگ زنده و نخستین اقدام مشارکتی یا تعاونی در کرهٔ زمین به شمار می‌رفتند، که در آن برخی انواع موجود زندهٔ آغازین فقط در سطح و برخی دیگر فقط در زیر آن‌ها و با استفاده از شرایطی که هر یک برای دیگری فراهم آورده بود زندگی می‌کردند. بدین ترتیب، جهان دارای نخستین اکوسیستم خود شده بود.

سال‌های سال بود که دانشمندان از روی مجموعه‌های فسیلی با استروماتولیت‌ها آشنا شده بودند، اما در سال ۱۹۶۱ به دنبال کشف اجتماعی از استروماتولیت‌های زنده در شارک بی (خلیج کوسه) واقع در دورترین نقطهٔ شمال غربی ساحل استرالیا، حقیقتاً غافلگیر شدند. اصلاً انتظار چنین کشفی را نداشتند ــ به بیان دقیق‌تر، این کشف به قدری غیرمنتظره بود که دانشمندان فقط پس از گذشت چند سال دیگر توانستند دریابند که به چه کشفی دست یافته‌اند. اما شارک بی امروزی به یک جاذبهٔ گردشگری تبدیل شده است ــ یا دست کم، تا آنجا که نقطه‌ای در فاصلهٔ چند صد مایلی هر جایی و ده‌ها مایلی هر جای دیگر می‌تواند حکم یک جاذبهٔ گردشگری را داشته باشد. چندین مسیر تخته کوبی شده در دل دریا تا رسیدن به اعماق خلیج ایجاد شده است تا بازدید کنندگان بتوانند خوب بر روی آب گردش کنند و استروماتولیت‌ها را که به آرامی و بلافاصله در زیر سطح آب نفس می‌کشند، از هر طرف مشاهده کنند. این موجودات، ظاهری بی‌جلا به رنگ خاکستری دارند و همچنان که در یکی از کتاب‌های پیشین گفتم، به تاپاله‌های بزرگ گاو شبیه هستند. ولی بازدید کنندگان وقتی متوجه می‌شوند به تماشای بقایای برجا ماندهٔ حیات از ۳/۵ میلیارد سال پیش ایستاده‌اند، احساس می‌کنند سرگیجه گرفته‌اند. به گفتهٔ ریچارد فورتی: «این به معنی سفری حقیقی در زمان است، و اگر جهان با شگفتی‌های واقعی خود هماهنگ شده بود این منظره می‌بایست از شهرتی همپای شهرت اهرام جیزه برخوردار می‌شد.» با آنکه شما هرگز تصورش را نمی‌کنید، این سنگ‌های تیره رنگ سرشار از حیات هستند و بر طبق برآوردهای انجام شده (البته، مسلماً برآورد شده)، چیزی نزدیک به سه میلیارد موجود زندهٔ منفرد روی هر یارد مربع

سنگ به سر می‌برند. گاهی، وقتی به دقت در آن‌ها بنگرید، می‌توانید رشته‌های بسیار ریز حباب‌هایی را مشاهده کنید که ضمن رها کردن اکسیژن‌شان به طرف سطح آب حرکت می‌کنند. طی دو میلیارد سال، این تلاش بی‌پایان موجب افزایش سطح اکسیژن اتمسفر کرهٔ زمین تا ۲۰ درصد و آماده کردن راه برای فصل بمراتب بغرنج‌تر بعدی در تاریخ حیات گردید.

گفته شده است که سیانوباکتری‌های موجود در شارک بی، احتمالاً در پایین‌ترین درجهٔ موجودات ظاهر شده در سطح زمین قرار دارند و بدون تردید، امروزه نایاب‌ترین موجودات از این نوع به شمار می‌روند. سیانوباکتری‌ها پس از آماده کردن راه برای شکل‌های پیچیده‌تر حیات، تقریباً در همه جا به وسیلهٔ همان موجوداتی که پیدایش‌شان بر اثر وجود سیانوباکتری‌ها امکان‌پذیر شده بود، چریده و نابود شدند. (به این دلیل در شارک بی یافت می‌شوند که آب‌های این خلیج بیش از حد لازم برای زیست موجوداتی که معمولاً از آن‌ها تغذیه می‌کنند شور است.)

یک علت طولانی شدن مراحل پیچیده شدن حیات در کرهٔ زمین آن است که کرهٔ زمین می‌بایست آن قدر به انتظار می‌ماند تا موجودات ساده‌تر، اتمسفر را به قدر کافی از اکسیژن سرشار می‌کردند. فورتی می‌گوید: «جانوران نمی‌توانستند انرژی لازم برای کارکردن را در خودشان پیدا کنند.» برای آنکه سطوح اکسیژن، کم و بیش به سطوح غلظت امروزی آن در اتمسفر برسد، چیزی نزدیک به دو میلیارد سال یعنی در حدود ۴۰ درصد از عمر کنونی زمین سپری شد. اما به محض آنکه زمینه از هر جهت آماده شد، آن هم ظاهراً خیلی ناگهانی، یک نوع سلول سراپا جدید به ظهور رسید ـ سلولی با یک هسته و چند اندام کوچک دیگر که بر روی هم اورگانل نامیده می‌شود (organelles از ریشهٔ یونانی به معنی «ابزارهای ریز» است). تصور بر این است که این فرآیند زمانی آغاز شده باشد که یک باکتری ناشی یا ماجراجو به یک باکتری دیگر حمله کرد یا به وسیلهٔ آن باکتری صید شد و معلوم شد که این واقعه به حال هر دوی آن‌ها مناسب بوده است. باز چنین تصور می‌شود که باکتری اسیر به یک میتوکُندری تبدیل شد. تهاجم میتوکُندریایی (یا واقعهٔ اندوسیمبیوتیک یا درون همزیستی، به زبان زیست شناسان) ظهور حیات پیچیده را امکان‌پذیر گردانید. (در گیاهان، تهاجمی مشابه این، موجب تولید کلروپلاست شد که امکان فتوسنتز را به گیاهان می‌دهد.)

میتوکندری‌ها چنان در اکسیژن دستکاری می‌کنند که باعث رها شدن انرژی از مواد غذایی می‌شود. بدون این حیلهٔ زیبای تسهیل کننده، حیات در کرهٔ زمین امروزی چیزی بیش از یک لجن سرشار از میکرب‌های ساده نخواهد بود. میتوکندری‌ها بسیار ریز هستند ـ می‌توان یک میلیارد از آن‌ها را در فضایی که به وسیلهٔ یک دانه ماسه اشغال می‌شود گنجانید ـ اما در عین حال خیلی گرسنه‌اند. تقریباً هر مادهٔ مغذی که وارد بدن ما می‌شود صرف تغذیهٔ آن‌ها می‌شود.

بدون میتوکندری‌ها، ما بیش از دو دقیقه زنده نمی‌مانیم، اما آن‌ها حتی پس از گذشت یک میلیارد سال، طوری رفتار می‌کنند که گویی روابط بین ما به راه تکامل گام نخواهد نهاد. آن‌ها DNAی مخصوص خودشان را دارند. در زمانی متفاوت با زمان سلول میزبان‌شان تولید مثل می‌کنند. ظاهری همانند باکتری‌ها دارند، مانند باکتری‌ها تقسیم می‌شوند، و گاهی نیز واکنشی همانند واکنش باکتری‌ها در مقابل آنتی‌بیوتیک‌ها از خود نشان می‌دهند. خلاصهٔ سخن آنکه، همیشه شال و کلاه کرده و آمادهٔ حرکت هستند. حتی به همان زبان ژنتیکیِ سلولی که خود در آن به سر می‌برند سخن نمی‌گویند. مثل این است که بیگانه‌ای را به درون خانهٔ خود راه داده باشید، بیگانه‌ای که از یک میلیارد سال پیش در آن منزل کرده بوده است.

این سلول‌های نوع جدید، برخلاف نوع سلول قدیمی که پروکاریوت (پیش هسته‌ای‌ها) نامیده می‌شوند، یوکاریوت (هسته داران) نامیده می‌شوند، و به نظر می‌رسد که ناگهان در بایگانی فسیلی کرهٔ زمین وارد شده باشند. کهن‌ترین یوکاریوت‌های شناخته شده تا این تاریخ، به نام گریپانیا، در سال ۱۹۹۲ در رسوبات آهن موجود در منطقهٔ میشیگان کشف شدند. این گونه فسیل‌ها فقط یک بار یافت شده‌اند و از آن پس تا ۵۰۰ میلیون سال بعد دیگری خبری از آن‌ها نیست.

به گفتهٔ استیفن دراری زمین‌شناس، پروکاریوت‌های کهن در مقایسه با یوکاریوت‌های جدید، فقط اندکی با «بسته‌های پر از مواد شیمیایی» تفاوت داشتند. یوکاریوت‌ها از عموزاده‌های ساده‌تر خود بزرگتر بودند ـ دست کم ده هزار برابر ـ و بیش از هزار برابر آن‌ها DNA داشتند. تدریجاً سیستمی به ظهور رسید که در آن دوگونه شکل ظاهری بر حیات غالب بودند ـ موجودات زنده‌ای که از خود اکسیژن بیرون می‌دهند (مانند گیاهان) و موجوداتی که اکسیژن وارد

بدن خود می‌کنند (مانند من و شما).

یک زمانی یوکاریوت‌های تک سلولی را پروتوزوا[۱] (پیش‌زیان) می‌نامیدند، اما آن اصطلاح روز به روز از رواج می‌افتد. امروزه اصطلاح رایج برای آن‌ها پروتیست‌ها (آغازیان) است. این پروتیست‌های جدید در مقایسه با باکتری‌هایی که پیش از آن‌ها از عرصهٔ حیات خارج شده بودند ساختاری شگفت‌انگیز و پیچیده داشتند. آمیب ساده، که فقط به بزرگی یک سلول است و هیچ بلند پروازی دیگری جز زندگی کردن ندارد، بیش از ۴۰۰ میلیون بیت اطلاعات ژنتیکی در DNA ی خود دارد ــ که به گفتهٔ کارل ساگان برای پر کردن هشتاد کتاب پانصد صفحه‌ای کفایت می‌کند.

سرانجام، یوکاریوت‌ها با حقه‌ای بس استثنایی‌تر آشنا شدند. این آشنایی، مدتی طولانی ــ نزدیک به یک میلیارد و اندی سال ــ وقت گرفت اما وقتی یوکاریوت‌ها آن را خوب یاد گرفتند، حیله‌ای بسیار خوب از کار درآمد. آن‌ها یاد گرفتند چگونه با هم گردآیند و به موجوداتی پر سلولی و پیچیده تبدیل شوند. در پرتو این نوآوری، پیدایش موجوداتی بزرگ، پیچیده و قابل رویت مانند ما امکان‌پذیر شد. کرهٔ زمین برای گام نهادن در مرحلهٔ جاه‌طلبانهٔ بعدی خود آماده می‌شد.

اما پیش از آنکه از این تحول دستخوش هیجان اضافی شویم لازم به یادآوری است که جهان، همچنان که در فصل‌های بعد خواهیم دید، همواره به موجودات بسیار ریز تعلق دارد.

# ۲۰ دنیای کوچک‌ها

شاید ابراز علاقهٔ خیلی شخصی به میکرب‌های درون بدن‌مان، اندیشه‌ای چندان خوب نباشد. لوئی پاستور، شیمی‌دان و میکرب‌شناس بزرگ فرانسوی، چنان شیفتهٔ این میکرب‌ها شده بود که به هر بشقاب غذایی که در برابرش قرار می‌گرفت با یک ذره‌بین خیره می‌شد، و این عادتی بود که احتمالاً باعث می‌شد خیلی‌ها او را بیش از یک بار به شام دعوت نکنند.

به عبارت دقیق‌تر، تلاش برای پنهان شدن از دید باکتری‌های خودمان تلاشی بی مورد است زیرا باکتری‌ها همیشه در وجود ما و در اطراف ما و به تعدادی خارج از حد تصور ما حضور دارند. اگر ما افرادی سالم و مراقب بهداشت فردی خود باشیم، به طور متوسط دارای چیزی در حدود یک تریلیون باکتری مشغول چرا بردشت‌های پوست بدمان خواهیم بود ــ یعنی در حدود صد هزار باکتری در هر سانتیمتر مربع پوست بدن. این باکتری‌ها برای خوردن ده میلیارد پولک خرد شدهٔ پوستی که هر روز از سطح بدن ما جدا می‌شوند، به اضافهٔ روغن‌های خوش مزه و کانی‌های تقویت کننده‌ای که از تک‌تک منفذها و شکاف‌های بدن به بیرون نشت می‌کنند در سطح بدن ما حضور دارند. بدن ما باشکوه‌ترین میهمانی به شام را همراه با گرما و تحرک دایمی، برای این باکتری‌ها فراهم می‌آورد. آن‌ها نیز به نشانهٔ سپاس از این میهمانی و پذیرایی، بوی بدن را به ما ارزانی می‌دارند.

اما اینها فقط باکتری‌هایی هستند که در پوست بدن ما سکونت می‌گزینند. تریلیون‌ها باکتری دیگر وجود دارند که در درون روده‌ها و مجراهای بینی ما پنهان

شده‌اند، به موی سر و مژه‌هایمان چسبیده‌اند، در سطح چشمان‌مان شنا می‌کنند، و لایهٔ مینایی دندان‌هایمان را سوراخ می‌کنند. دستگاه گوارش هر یک از ما به تنهایی میزبان چیزی بیش از صد تریلیون میکرب است که دست کم به چهارصد نوع تقسیم می‌شوند. تعداد حیرت‌انگیزی از اینها مانند تارپیچان‌های (اسپیروکت‌های) حاضر در همه جای روده‌ها، هیچ وظیفهٔ قابل شناسایی مشخصی ندارند. فقط به نظر می‌رسد که خوش‌شان می‌آید در بدن ما حضور داشته باشند. بدن هر انسان از چیزی در حدود ۱۰ کوادریلیون سلول، اما از حدود صد کوادریلیون سلول باکتریایی تشکیل می‌شود. خلاصهٔ کلام آنکه باکتری‌ها جزیی از وجود ما هستند. البته از دیدگاه باکتری‌ها، ما یک جزء ناچیز و کوچک از وجود آن‌هاییم.

چون ما انسان‌ها بزرگیم و از زیرکی لازم برای تولید و بهره‌گیری از انواع آنتی‌بیوتک و گندزداها برخورداریم، متقاعد ساختن خودمان به اینکه باکتری‌ها را به حاشیه‌های زندگی خود رانده‌ایم آسان است. ولی اگر از من می‌شنوید به این سخن باور نکنید. باکتری‌ها نمی‌توانند برای خودشان شهرسازی کنند یا دارای زندگی اجتماعی جالبی باشند، اما تا زمانی که خورشید منفجر شود در اینجا حضور خواهند داشت. کرهٔ زمین، سیارهٔ آن‌ها است و ما فقط به این دلیل دراین کره وجود داریم که باکتری‌ها اجازهٔ حضور به ما داده‌اند.

هرگز از یاد نبرید که باکتری‌ها از میلیاردها سال پیش بدون آنکه انسانی در کرهٔ زمین حضور داشته باشد در آن وجود داشته‌اند. آن‌ها ضایعات انسانی را از فرآیندهای تبدیلی می‌گذرانند و دوباره قابل مصرف می‌کنند؛ اگر باکتری‌ها این ضایعات را لُف‌لُف نخورند، هیچ چیزی نمی‌پوسد. آن‌ها آب را تصفیه می‌کنند و خاک‌ها را حاصلخیز نگهمیدارند. باکتری‌ها موجب ساخته شدن انواع ویتامین در روده‌ها می‌شوند و تمام چیزهایی را که ما می‌خوریم به انواع قندها و پُلی‌ساکاریدهای مفید تبدیل می‌کنند و با میکرب‌های بیگانه‌ای که بی‌سر و صدا وارد گلوی ما می‌شوند به جنگ می‌پردازند.

ما برای جدا کردن نیتروژن از هوا و تبدیل آن به نوکلئوتیدها و اسیدهای آمینهٔ مفید به حال خودمان، به باکتری‌ها وابسته‌ایم. این، کاری بس شگفت‌انگیز و رضایت‌بخش است. همچنان که مارگولیس و ساگان گفته‌اند، صنعت‌کاران برای

انجام دادن این کار به طریق مصنوعی و به کمک صنعت (مانند تولید کود) مجبورند مواد اصلی را تا ۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد حرارت دهند و با فشاری معادل ۳۰۰ برابر فشارهای عادی فشرده سازند. باکتری‌ها این کار را دایماً و بدون هیچ هیاهویی انجام می‌دهند، و از این بابت باید خدای را سپاس گفت زیرا بدون نیتروژن تولیدی توسط آن‌ها هیچ موجود زندهٔ بزرگتری نمی‌تواند جان سالم به در ببرد.

به ویژه آنکه میکرب‌ها همچنان به تولید هوایی که ما برای تنفس خودمان و پایدار نگهداشتن اتمسفر نیاز داریم، ادامه می‌دهند. میکرب‌ها، از جمله نسخه‌های جدید سیانوباکتری‌ها، بخش بزرگی از اکسیژن قابل تنفس کرهٔ زمین را تولید می‌کنند. جلبک‌ها و دیگر موجودات زندهٔ ریز که قل‌قل کنان در دریاها به حیات خود ادامه می‌دهند هر سال چیزی در حدود ۱۵۰ میلیارد کیلو از این ماده را از خود به اطراف می‌فرستند.

این موجودات ریز، علاوه بر آن، به طرز حیرت‌انگیزی پر زاد و رود هستند. پر شتاب‌ترین موجودات از آن میان، می‌توانند یک نسل جدید را در کمتر از ده دقیقه تولید کنند؛ باکتری‌های موسوم به کلوستریدیوم پرفرینگن، که باکتری‌هایی میله‌ای، بد ریخت و بسیار ریز و عامل بیماری قانقاریا هستند، می‌توانند در ۹ دقیقه تولید مثل کنند. با یک چنین شتابی، یک باکتری تنها، از لحاظ نظری، طی دو روز می‌تواند بیش از تعداد پروتون‌های موجود در کائنات، تولید مثل کند. به گفتهٔ کریستیان دو دووه، بیوشیمیست بلژیکی و برندهٔ جایزهٔ نوبل: «یک سلول باکتریایی تنها، اگر مواد غذایی کافی دریافت کند در یک روز می‌تواند ۲۸۰,۰۰۰ میلیارد باکتری تنها تولید کند.» یک سلول تنهای انسان، در همان مدت، فقط می‌تواند یک تقسیم سلولی را تکمیل کند.

تقریباً در یکی از هر میلیون تقسیم سلولی، یک سلول جهشی تولید می‌شود. معمولاً این جهش، هیچ خوب نیست ـ هر تغییر ناگهانی، همیشه با خطراتی برای موجود زنده همراه است ـ اما فقط در برخی موارد استثنایی، باکتری جدید از نوعی مزیت جدید مانند توانایی شانه خالی کردن یا در رفتن از مقابل حملهٔ آنتی‌بیوتیک‌ها برخوردار می‌شود. این توانایی تغییر سریع با یک مزیت و توانایی دیگر همراه می‌شود که از آن نیز هول‌انگیزتر است. باکتری‌ها اطلاعات‌شان را با یکدیگر مبادله می‌کنند. هر باکتری تنها می‌تواند قطعاتی از

کدهای وراثتی را از هر باکتری دیگر دریافت کند. اساساً، همچنان‌که مارگولیس و ساگان گفته‌اند، تمام باکتری‌ها در یک استخر ژنی تنها شنا می‌کنند. هرگونه تغییر در جهت تطابق که در یک عرصه از کائنات باکتری‌ها رخ می‌دهد می‌تواند به هر عرصهٔ دیگر گسترش یابد. این حالت، تا حدودی مثل آن است که یک انسان بتواند به یک حشره مراجعه کند تا کدهای ژنتیکی لازم برای بال درآوردن یا راه رفتن روی سقف را از او بگیرد. این بدان معنی است که باکتری‌ها از دیدگاه ژنتیکی، به یک سوپرارگانیسم (اَبَر موجود زنده) تنها ـ ریز، پراکنده اما شکست‌ناپذیر ـ تبدیل شده‌اند.

تقریباً در هر چیزی که ما روی زمین بپاشیم، چکه چکه بریزیم، یا به قصد شل کردن به هم بزنیم، باکتری‌ها حضور خواهند یافت تا به زندگی و تولید مثل بپردازند. کافی است اندکی رطوبت در اختیارشان بگذارید ـ مثل انداختن لباس خیس روی لبهٔ پنجره یا پیشخوان ـ تا باکتری‌ها چنان شکفته شوند که گویی از آسمان آمده‌اند. باکتری‌ها، انواع چوب، چسب پشت کاغذهای دیواری، و فلزات زیر رنگ‌های سخت شده را خواهند خورد. دانشمندان استرالیایی، میکرب‌هایی را کشف کردند که سخت‌خواران تیوباسیلوس *(Thiobacillus concretivorans)* نام داشتند و در اسید سولفوریک غلیظ شده و دارای قدرت کافی برای حل کردن فلز در خود زندگی می‌کردند ـ یا به عبارت دقیق‌تر، بدون این اسید غلیظ نمی‌توانستند به زندگی خود ادامه دهند. گونه‌ای از این میکرب به نام میکروکاکوس رادیوفیلوس یافت شد که خوشبختانه در مخزن‌های ضایعات راکتورهای هسته‌ای زندگی می‌کرد، و با خوردن پلوتونیم و هر آنچه در آن مخزن‌ها یافت می‌شد شکمی از عزا در می‌آورد. برخی از باکتری‌ها باعث تجزیهٔ مواد شیمیایی می‌شوند، اما تا جایی که معلوم شده است، هیچ سودی از این کار نمی‌برند.

باکتری‌ها در چشمه‌های آبگرم گِل‌فشان و دریاچه‌های حاوی سود سوزآور، در ژرفای توده‌های سنگ، در کف دریاها، در حوضچه‌های ناپیدای آب‌های منجمد دره‌های خشک مک موردو در جنوبگان، و در عمق هفت مایلی اقیانوس آرام که فشارهای آب در آنجا به بیش از هزار برابر فشارهای سطح آب می‌رسد یا مثل این است که چرخ‌های پنجاه جامبو جت از روی آن‌ها رد شوند، زندگی می‌کنند. برخی از آن‌ها در ظاهر عملاً شکست‌ناپذیرند. بر طبق مقاله‌ای

که در مجله اکونومیست انتشار یافت، گونهٔ موسوم به دئینوکاکوس رادیودورانس، «در برابر رادیواکتیویته، تقریباً مصونیت دارد.» اگر DNAی آن را با تشعشع منفجر کنید، قطعات حاصل، بی‌درنگ و «همانند اندام‌های در حال فرار یک موجود بی‌جان نشده در فلان فیلم ترسناک،» از نو در کنار هم قرار می‌گیرند و به شکل باکتری در می‌آیند.

شاید خارق‌العاده‌ترین گونهٔ باقی مانده و یافت شدهٔ باکتری‌ها، باکتری موسوم به استرپتوکوک باشد که از عدسی آب‌بندی شدهٔ دوربینی بازیابی شد که بیش از دو سال در سطح کرهٔ ماه بود. خلاصهٔ کلام آنکه کمتر محیطی را می‌توان یافت که باکتری‌ها برای زندگی در آن آمادگی نداشته باشند. خانم ویکتوریا بنت به من گفت: «امروزه دانشمندان متوجه می‌شوند که وقتی کاوشگرهای خود را به داخل شکاف‌های چنان داغ در اعماق اقیانوس‌ها هدایت می‌کنند که شدت گرمای آن‌ها موجب ذوب شدن کاوشگر می‌شود، حتی در آنجا شاهد وجود باکتری‌ها هستند.»

در دههٔ ۱۹۲۰ دو دانشمند به نام‌های ادسن باستین و فرانک گریر از دانشگاه شیکاگو، اعلام کردند که توانسته‌اند نسل‌هایی از باکتری‌هایی را از چاه‌های نفت جدا سازند که در اعماق دو هزار فوتی زندگی می‌کرده‌اند. آن روز، این اظهار نظر به عنوان نظری اساساً نامعقول ــ چیزی در عمق دو هزار فوتی وجود ندارد که باکتری از آن تغذیه کند ــ رد شد و تا پنجاه سال بعد چنین فرض می‌شد که نمونه‌های استخراج شده توسط آن دو به میکرب‌های موجود در سطح آب آلوده شده بوده‌اند. امروز ما می‌دانیم که انبوهی از میکرب‌های گوناگون وجود دارند که در دل کرهٔ زمین زندگی می‌کنند و وجود بسیاری از آن‌ها اصولاً کوچک‌ترین ارتباطی با دنیای آلی ندارد. آن‌ها تودهٔ سنگ، یا به بیان دقیق‌تر، مادهٔ موجود در سنگ‌ها ــ آهن، گوگرد، منگنز، و مانند اینها ــ را می‌خورند. و چیزهای عجیبی را هم تنفس می‌کنند ــ آهن، کُروم، کبالت، حتی اورانیم. چنین فرآیندهایی ممکن است در متمرکز ساختن طلا، مس، و دیگر فلزات گران‌بها، و احتمالاً ذخایر نفت و گاز طبیعی مفید واقع شوند. حتی برخی از دانشمندان گفته‌اند که خوردن و جویدن خستگی‌ناپذیر این میکرب‌ها به پیدایش پوستهٔ کرهٔ زمین انجامیده است.

امروزه برخی از دانشمندان بر این باورند که چیزی در حدود ۱۰۰ تریلیون تن باکتری در اکوسیستم‌های لیتوتروفیک میکربی ــ یا SLiME با حروف اختصاری ــ در زیر پای ما زندگی می‌کنند. تامس گولد از دانشگاه کورنل تخمین

زده است که اگر تمام باکتری‌ها را از درون زمین خارج کنیم و در سطح آن بریزیم، به صورت لایه‌ای به عمق ۵ فوت، کرهٔ زمین را خواهند پوشانید. اگر این تخمین درست باشد، می‌توان احتمال داد که دامنهٔ حیات در بخش‌های زیرین زمین به‌مراتب از بخش‌های رویی آن گسترده‌تر و بیشتر است.

در اعماق زمین، میکرب‌ها فشرده‌تر و بی‌نهایت کم‌حرکت می‌شوند. سرزنده‌ترین میکرب، ممکن است حداکثر هر صد سال یک بار تقسیم شود، برخی حتی در پانصد سال یک بار تقسیم می‌شوند. بر طبق مقالهٔ نشریهٔ اکونومست، «چنین به نظر می‌رسد که کلید و رمز زندگی طولانی در آن است که تقسیم خیلی زیاد انجام نشود.» وقتی شرایط محیطی خیلی سخت باشد، باکتری‌ها آماده‌اند که همهٔ سیستم‌ها را متوقف کنند و منتظر از راه رسیدن روزگار و شرایطی بهتر شوند. در سال ۱۹۹۷ دانشمندان موفق شدند چند هاگ بیماری سیاه زخم را که به مدت هشت سال در یکی از قفسه‌های موزهٔ تروندهایم نروژ به حالت غیر فعال نگهداشته شده بودند فعال سازند. برخی میکروارگانیسم‌های دیگر نیز پس از رها شدن از درون یک قوطی گوشت در بستهٔ متعلق به ۱۱۸ سال پیش و یک آبجوی نگهداری شده از ۱۶۶ سال پیش، ناگهان زندگی خود را از سر گرفته‌اند. در سال ۱۹۹۶، دانشمندان آکادمی علوم روسیه مدعی شدند که توانسته‌اند باکتری‌هایی را زنده کنند که از سه میلیون سال پیش تاکنون به صورت منجمد در یخبندان‌های دایمی سیبریه وجود داشته‌اند. اما بزرگ‌ترین ادعای مربوط به طول دورهٔ ماندگاری باکتری‌ها تا این تاریخ، ادعای راسل وریلند و همکارانش در دانشگاه وست چستر پنسیلوانیا در سال ۲۰۰۰ است که در آن اعلام داشتند توانسته‌اند باکتری‌های موسوم به باسیلوس پرمیانس را که از ۲۵۰ میلیون سال پیش تاکنون در نهشته‌های نمکی واقع در عمق ۲,۰۰۰ فوتی زیرزمین در کارلسباد ایالت نیومکزیکو به دام افتاده بودند زنده کنند. اگر چنین باشد، باید گفت که عمر این میکرب از عمر قاره‌های زمین بیشتر است.

گزارش این دستاورد با تردیدهایی قابل درک مواجه شد. بسیاری از بیوشیمست‌ها معتقد بودند که اجزای تشکیل دهندهٔ میکرب در این مدت طولانی چنان نابود می‌شوند که دیگر به کاری نخواهند آمد مگر آنکه باکتری، هر چند وقت یک بار بیدار و زنده شده باشد. اما اگر باکتری هم گاه‌گاهی تکان

خورده باشد، هیچ منبع انرژی ملموسی در درون آن وجـود نـداشـته است کـه توانسته باشد در این مدت طولانی دوام آورد. دانشمندانی که با تردیدی بیشتر به این گزارش می‌نگریستند اعلام کردند که احتمال می‌رود نمونهٔ مورد نظر آلوده شده باشد، نه در زمان بازیابی بلکه در همان مدتی که به صورت مدفون بـاقی مانده بود. در سال ۲۰۰۱ گروهی از دانشمندان دانشگاه تل‌آویو اعلام کردند که باکتری‌های باسیلوس پرمین، تقریباً به نسلی از باکتری‌های جدید به نام باسیلوس مارسیمورتویی شباهت دارند که در بحرالمیت یـافت شـده‌انـد. فـقط دو مـورد از زنجیره‌های ژنتیکی آن متفاوت بودند، آن هم فقط اندکی.

محققان اسرائیلی در این مورد چنین نوشتند: «آیا باید بپذیریم که مـقدار تغییرات ژنتیکی باکتری باسیلوس پرمین از ۲۵۰ میلیون سال پیش تاکـنون مـعادل تغییراتی است که در طی ۳ تا ۷ روز در آزمایشگاه می‌توان در آن ایجاد کـرد؟» وریلند در پاسخ چنین گفت: «در آزمایشگاه، باکتری‌ها به‌مراتب سریع‌تر از حالت طبیعی، تغییر می‌یابند.»

شاید چنین باشد.

یک نکتهٔ قابل توجه آن است که تا اواسط عصر فضا، در اغلب کتاب‌های درسی، دنیای موجودات زنده را به دو گروه ـ گیاهان و جانوران ـ تقسیم می‌کردند. کمتر به میکرواورگانیسم‌ها توجه می‌شد. آمیب‌ها و موجودات تک سلولی مشابه آن را جانوران آغازین و جلبک‌ها را گیاهان آغازین معرفی می‌کردند. به باکتری‌ها نیز حتی با آنکه همه می‌دانستند باکتری‌ها به دنیای گیاهان تعلق نـدارنـد، مـعمولاً جایی در کنار گیاهان داده می‌شد. ارنست هکل طبیعت‌شناس آلمانی در اواخر سدهٔ نوزدهم گفته بود باکتری‌ها شایستهٔ آنند که در سلسله‌ای مجزا گنجانده شوند، که خودش آن را تک‌زیان *(Monera)* می‌نامید، اما تا دههٔ ۱۹۶۰ این اندیشه در میان زیست‌شناسان رواج نیافت. پس از آن نیز فقط چند نفر با آن موافقت نشان دادند. (در فرهنگ انگلیسی خودم یعنی *American Heritage* که در سال ۱۹۶۹ چاپ شده است می‌بینم که این اصطلاح به رسمیت شناخته نشده است و اثری از آن نیست.)

در این تقسیم‌بندی سنتی، به بسیاری از موجودات زنده در دنیای مریی نیز

چنان که باید و شاید توجه نشد. قارچ‌ها یا گروهی که شامل قارچ‌های خوراکی، کپک‌ها، لکه‌های قارچی، مخمرها و قارچ‌های کروی می‌شوند، تقریباً همیشه به عنوان چیزهایی در قلمروگیاه‌شناسی معرفی می‌شدند، البته باید توجه داشت که عملاً هیچ چیزی در این موجودات ــ چگونگی تولید مثل و تنفس و چگونگی شکل گرفتن‌شان ــ به هیچ چیزی در دنیای گیاهی شباهت ندارد. از لحاظ ساختمانی، وجوه اشتراک آن‌ها با جانوران از این لحاظ که سلول‌های‌شان را از کیتین یا ماده‌ای می‌سازند که بافت متمایزکنندهٔ آن‌ها را به وجود می‌آورد، خیلی بیشتر است. مادهٔ به کار رفته در ساختمان صدف یا پوستهٔ حشرات و پنجهٔ پستانداران یکی است، ولی به اندازه‌ای که در قارچ پورتوبلو خوشمزه است در سوسک‌های شاخ گوزنی خوشمزه نیست. بویژه آنکه در قارچ‌ها، برخلاف تمام گیاهان، عمل فتوسنتز انجام نمی‌شود و به همین دلیل است که آن‌ها کلروفیل ندارند و نتیجتاً سبز هم نیستند. در عوض، مستقیماً بر روی منبع غذایی خود می‌رویند و رشد می‌کنند. این منبع غذایی، ممکن است هر چیزی باشد. قارچ‌ها می‌توانند گوگرد موجود در یک دیوار بتونی یا مادهٔ در حال فساد بین انگشتان پای شما را بخورند ــ دو کاری که از هیچ گیاهی برنخواهد آمد. تنها خصوصیت گیاه گونه‌ای که در این موجودات دیده می‌شود ریشه دادن آن‌ها است.

گروه خاصی از موجودات زنده که رسماً میکسومیست‌ها نامیده می‌شوند ولی در نزد مردم به قارچ‌های مخاطی معروف هستند، با دشواری‌های بیشتری قابل طبقه‌بندی‌اند. این نام، بدون تردید، تا حد زیادی از گمنامی آن‌ها حکایت دارد. نام‌گذاری دیگری که تا اندازه‌ای پویاتر به گوش می‌رسد ــ مانند «پروتوپلاسم متحرک خود فعال‌ساز» ــ و کمتر به ماده‌ای شباهت دارد که از اعماق لولهٔ زهکش مسدود شده خارج می‌کنید، بدون تردید، می‌توانسته است سهم فوری‌تری از توجهی را که شایسته‌اش است به خود جلب کند، زیرا قارچ‌های مخاطی، بدون تردید در زمرهٔ جالب‌ترین موجودات زندهٔ طبیعت به شمار می‌روند. وقتی اوضاع مناسب باشد آن‌ها به صورت موجوداتی تک سلولی زندگی می‌کنند، درست مانند آمیب‌ها. اما وقتی شرایط دشوار می‌شود آن‌ها به سوی یک نقطهٔ تجمع مرکزی می‌خزند و تقریباً به شکلی معجزه‌آسا به یک حلزون بی‌صدف تبدیل می‌شوند. این حلزون بی‌صدف به هیچ وجه زیبا نیست و

از آن نقطه ــ معمولاً از ته یک کپه آشغال برگ تا سطح آن، که تا حدودی هم در معرض دید قرار می‌گیرد ــ خیلی زیاد دور نمی‌شود، اما احتمال می‌رود که این وضع، از میلیون‌ها سال پیش تاکنون زیباترین و دوست داشتنی‌ترین حقهٔ کائنات بوده باشد.

و کار به همین‌جا ختم نمی‌شود. قارچ مخاطی پس از آنکه توانست خود را به نقطه‌ای مساعدتر برساند، باز تغییر شکل پیدا می‌کند و این بار به یک گیاه تبدیل می‌شود. سلول‌ها، با تکیه بر یک فرآیند منظم و اعجاب‌انگیز از نو تغییر آرایش می‌دهند، درست مانند جابه‌جا شدن اعضای گروه کوچکی از رژه روندگان، تا ساقه‌ای تشکیل دهند که بر بالای آن اندامی پیازی شکل به نام اندام میوه‌ده پدید می‌آید. در داخل اندام میوه‌ده، میلیون‌ها هاگ وجود دارند که در لحظهٔ مناسب، به دست باد سپرده می‌شوند تا به اطراف رسانده شوند و به موجوداتی تک سلولی تبدیل شوند که می‌توانند همین فرآیند را از نو آغاز کنند.

سال‌های سال بود که قارچ‌های مخاطی توسط جانورشناسان با اصطلاح پروتوزوا و توسط قارچ شناسان با کلمهٔ قارچ تنها معرفی می‌شدند، هرچند اغلب مردم می‌دیدند که این موجودات عملاً به هیچ یک از آن دو تقسیم‌بندی تعلق ندارند و در هیچ جای آن‌ها نمی‌گنجد. با آغاز آزمایش‌های ژنتیکی، متخصصان آزمایشگاه‌ها وقتی دیدند که قارچ‌های مخاطی به قدری با قارچ‌های دیگر فرق دارند و به قدری یگانه‌اند که هیچ ارتباط مستقیمی بین آن‌ها و هیچ یک از اجزای طبیعت و گاهی حتی بین خودشان برقرار نیست در شگفت شدند.

در سال ۱۹۶۹ یکی از بوم‌شناسان دانشگاه کورنل به نام ر. هـ ویتکر، ضمن تلاش برای ایجاد نوعی نظم در نارسایی‌های فزایندهٔ طبقه‌بندی جانوران و گیاهان، تقسیم‌بندی حیات به پنج شاخهٔ اصلی ــ یا سلسله به زبان آن روز ــ به نام‌های جانوران، گیاهان، قارچ‌ها، آغازیان، و تک‌زیان را در نشریهٔ ساینس پیشنهاد کرد. آغازیان (*Protista*) صورت اصلاح شدهٔ اصطلاح قدیمی *Protoctista* است که صد سال پیش توسط یک زیست‌شناس اسکاتلندی به نام جان هاگ پیشنهاد شده بود و منظور از آن توصیف هر موجود زندهٔ غیر جانور و غیر گیاه بود.

گرچه طبقه‌بندی جدید ویتکر پیشرفتی بزرگ به شمار می‌رفت هنوز تعریف دقیقی از آغازیان در آن به عمل نیامده بود. برخی از طبقه‌بندی کنندگان، این اصطلاح را برای توصیف موجودات زندهٔ بزرگ و تک سلولی ــ یوکاریوت‌ها

ـ نگهداشتند اما برخی دیگر، آن را همچون کشوی جوراب‌های لنگه به لنگه در علم زیست‌شناسی تلقی کردند و هر چیزی را که در هیچ‌جای دیگر نمی‌گنجید در آن جا دادند. این اصطلاح، برحسب اینکه به کدام متن مراجعه می‌شد، شامل قارچ‌های مخاطی، آمیب‌ها، و حتی علف دریایی و بسیاری موجودات دیگر می‌شد. بر طبق یک محاسبه، نزدیک به ۲۰۰,۰۰۰ گونهٔ مختلف موجودات زنده بر روی هم در آن گنجانده شده بودند. این به معنی یک دنیا جورابِ لنگه به لنگه است.

نکتهٔ طنزآمیز در اینجا آن است که درست همزمان با نخستین گام‌های راه‌یابی طبقه‌بندی پنج سلسله‌ای ویتکر به کتاب‌های درسی، یکی از استادان بازنشستهٔ دانشگاه ایلینویز دست اندرکار هموار ساختن راه خود به سوی کشفی بود که همهٔ دستاوردهای گذشته را به چالش وامی داشت. وی کارل وُز (هم قافیه با گل رُز) نام داشت، و از اوایل دههٔ ۱۹۶۰ یا حتی زودتر از آن، بی‌سر و صدا مطالعهٔ زنجیره‌های ژنتیکی باکتری‌ها را آغاز کرده بود و ادامه می‌داد. این کار در نخستین روزها کاری بی‌نهایت طاقت‌فرسا بود. تحقیق دربارهٔ یک باکتری تنها به سادگی می‌توانست یک سال طول بکشد. به گفتهٔ وُز، آن روزها فقط در حدود ۵۰۰ گونه باکتری شناخته شده بودند، که این از تعداد باکتری‌های موجود در دهان هر یک از ما کمتر است. امروزه عدد مزبور ده برابر شده است، هر چند این عدد جدید نیز با ۲۶,۹۰۰ گونهٔ شناسایی شدهٔ جلبک‌ها، ۷,۰۰۰ گونهٔ قارچ‌ها، و ۳۰,۸۰۰ گونهٔ آمیب‌ها و موجودات زندهٔ مرتبط با آن‌ها که زندگی نامه‌هایشان سالنامه‌های علم زیست‌شناسی را انباشته است فاصله‌ای بس بزرگ دارد.

آنچه جمع تعداد گونه‌های باکتری‌های شناخته شده را پایین نگهمیدارد فقط یک بی‌تفاوتی ساده نیست. جداسازی و مطالعهٔ باکتری‌ها می‌تواند به طرز زجرآوری دشوار باشد. فقط چیزی در حدود ۱ درصد آن‌ها در طبیعت رشد می‌کنند. باتوجه به شتاب زده بودن سازگاری پذیری باکتری‌ها در طبیعت، یک نکتهٔ عجیب دیگر در مورد آن‌ها این است که تنها جایی که به نظر نمی‌رسد باکتری‌ها تمایلی به زندگی در آن داشته باشند بشقاب پتری است. کافی است آن‌ها را روی بستری از آگار (agar) بیندازید و به دلخواه خودتان از آن‌ها پذیرایی و نگهداری کنید، تا ببینید که اغلب‌شان در همان‌جا بی‌حرکت خواهند ماند و از واکنش نشان دادن به هر عاملی برای شکفته شدن و رشد کردن خودداری

خواهند کرد. بنابر تعریف، هر باکتری که در محیط آزمایشگاه رشد می‌کند، موردی استثنایی است، اما با این حال، همین باکتری‌ها تقریباً به شکلی انحصاری، تنها موجودات زنده‌ای بودند که میکروبیولوژیست‌ها مورد مطالعه قرار دادند. کارل وُز می‌گوید «مثل این بود که می‌خواسته‌ایم از راه بازدید از باغ‌های وحش به اطلاعات و دانش لازم دربارهٔ جانوران دست یابیم.»

اما ژن‌ها به کارل وُز امکان دادند که میکروارگانیسم‌ها را از زاویه‌ای دیگر مورد مطالعه قرار دهد. وُز در ادامهٔ تحقیقاتش به تدریج دریافت که تقسیم‌بندی بنیادی در دنیای میکروب‌ها به مراتب بیش از آن چیزی است که تا آن روز تصور می‌شد. انبوهی از موجودات زندهٔ خُرد که ظاهری همانند باکتری‌ها داشتند و همانند باکتری‌ها رفتار می‌کردند، بر روی هم و عملاً چیزی دیگر بودند ــ چیزی که میلیون‌ها سال قبل، از باکتری‌ها جدا شده بودند. وُز این موجودات را باکتری‌های کهن‌زی (*archaebacteria*) نامید، که بعدها به صورت کوتاه شدهٔ کهن‌زیان (*archaea*) مورد استفاده قرار گرفت.

گفته‌اند که مشخصات متمایز کنندهٔ کهن‌زیان از باکتری‌ها از نوع مشخصاتی نیستند که ضربان نبض کسی غیر از یک زیست شناس را تندتر کنند. ولی در عمل، به اندازهٔ یک دنیا تفاوت دارند. تفاوت بین کهن‌زیان و باکتری‌ها در مقایسه با تفاوت من و شما با یک خرچنگ، به‌مراتب بیشتر است. وُز به یک تقسیم‌بندی پیش بینی نشده و چنان بنیادی برای حیات دست یافته بود که به اندازهٔ یک سرو گردن از سطح سلسله بالاتر بود و همچنان که بعدها به احترام از آن یاد شد، در بالاترین نقطهٔ درخت جهانی حیات قرار داشت.

در سال ۱۹۷۶، او با ترسیم دوبارهٔ درخت حیات و گنجاندن بیست و سه تقسیم بندی اصلی به جای پنج تقسیم‌بندی در آن، جهانیان ــ یا دست کم تعداد انگشت شماری از جهانیان را که به این موضوع توجه داشتند ــ غافلگیر کرد. این تقسیم‌بندی‌ها را در سه گروه اصلی ــ باکتری‌ها، کهن‌زیان، و یوکاریوت‌ها ــ قرارداد که خودش آن‌ها را قلمرو می‌نامید.

تقسیم‌بندی‌های کارل وُز، دنیای زیست‌شناسی را از طریق حمله تصرف نکرد. برخی با این استدلال که تقسیم‌بندی‌های مزبور برای دنیای میکرب‌ها بسیار سنگین هستند آن‌ها را کنار گذاشتند. بسیاری نیز آن‌ها را بدون هیچ

استدلالی نادیده گرفتند. به گفتهٔ فرانسیس اشکرافت، وُز «شدیداً نا امید شد.» اما طبقه‌بندی جدید او، آرام آرام به میان میکروبیولوژیست‌ها راه یافت. گیاه‌شناسان و جانورشناسان، خیلی کُندتر از میکروبیولوژیست‌ها به ارزش این طبقه‌بندی پی بردند. در مدل‌های وُز، دو دنیای گیاه‌شناسی و جانورشناسی به صورت چند ترکهٔ کوچک در بیرونی‌ترین شاخهٔ اندام یوکاریوتی در می‌آیند. هر چیز دیگری غیر از اینها، به موجودات تک‌سلولی تعلق می‌گیرد.

وز در مصاحبه‌ای که در سال ۱۹۹۶ با وی انجام شد چنین گفت: «این جماعت‌ها برای طبقه‌بندی بر اساس تشابهات و مغایرت‌های فاحش ریخت‌شناسی برگزیده می‌شدند. پذیرش اندیشهٔ طبقه‌بندی بر اساس زنجیرهٔ مولکولی برای بسیاری از ایشان، قدری دشوار است.» خلاصهٔ کلام آنکه اگر آن‌ها نمی‌توانستند وجود یک تفاوت را به چشم خودشان مشاهده کنند، آن را نمی‌پذیرفتند. و بدین ترتیب بود که بر حفظ و ادامهٔ طبقه‌بندی پنج سلسله‌ای اصرار می‌ورزیدند ــ ترتیبی که وُز در لحظاتی که آرام‌تر بود «نه چندان مفید» و در سایر موارد غالباً «قطعاً گمراه کننده» می‌نامید. وُز نوشت: «زیست‌شناسی مانند علم فیزیک پیش از آن، به سطحی ارتقا یافته است که در آن موضوعات مورد توجه و اندرکنش‌های آن‌ها را نمی‌توان از طریق مشاهدهٔ مستقیم درک کرد.»

در سال ۱۹۹۸ ارنست مایر، جانورشناس بزرگ و قدیمی دانشگاه هاروارد (که آن زمان نود و چهار ساله بود و اکنون که من این مطلب را می‌نویسم عمرش به صد سال رسیده است و خودش همچنان سرحال و فعال است) با اعلام اینکه حیات فقط باید به دو بخش اصلی ــ یا «امپراتوری» به گفتهٔ او ــ تقسیم شود بر آشفتگی اوضاع افزود. مایر در مقاله‌ای که در گزارش جلسات آکادمی علوم انتشار یافت اعلام داشت که یافته‌های وز جالب اما نهایتاً گمراه کننده بودند. «وز، یک زیست‌شناس آموزش دیده و متخصص نبود و به همین دلیل، خیلی طبیعی بود که آشنایی وسیعی با اصول طبقه‌بندی نداشته باشد.» این عبارت، در واقع خیلی به این نکته نزدیک است که فلان دانشمند دربارهٔ یک دانشمند دیگر بگوید که او نمی‌داند از چه چیزی حرف می‌زند.

ریزه‌کاری‌های انتقادهای مایر به قدری فنی هستند که در اینجا نمی‌توان به بررسی همه جانبهٔ آن‌ها پرداخت ــ از جمله مسایل آن می‌توان به جنسیت میوزی

(کاستمانی)، کلادیستیک‌های هینگی، و تفسیرهای بحث‌انگیز ژنوم (زادان) متانوباکتریوم ترمواوتروفیکم اشاره کرد ــ اما او اساساً معتقد است که طبقه‌بندی وُز تعادل درخت حیات را بر هم می‌زند. مایر می‌گوید قلمرو باکتری‌ها دست کم از چند هزار گونه تشکیل می‌شود در حالی که قلمرو کهن‌زی‌ها فقط ۱۷۵ نمونهٔ نام‌گذاری شده به اضافهٔ احتمالاً چند هزار نمونهٔ دیگر که در آینده کشف خواهد شد ــ «اما ندرتاً بیش از این رقم» ــ دارد. برخلاف این، قلمرو یوکاریوتی ــ یعنی موجودات زندهٔ پیچیده با سلول‌های هسته‌دار، مانند انسان ــ تا این لحظه به چندین میلیون می‌رسد. مایر برای رعایت «اصل تعادل» از ادغام موجودات سادهٔ باکتریایی در یک مقولهٔ خاص به نام پروکاریوتا (Prokayota) دفاع می‌کند ولی باقی ماندهٔ موجودات را که پیچیده‌تر و «بسیار تکامل یافته» هستند در امپراتوری یوکاریوت‌ها قرار می‌دهد، به طوری به صورت دو جزء برابر در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر، او کم و بیش از نگهداشتن ترتیبات طبقه‌بندی به همان شکل قبلی حمایت می‌کند. این تقسیم‌بندی بین سلول‌های ساده و سلول‌های بغرنج، «همان جایی است که شکاف بزرگ دنیای زنده بر آن منطبق می‌شود.»

روشن است که وجه تمایز کهن‌زی‌های شوره‌خوار (halophilic) و متانوسارسینا یا بین فلاووباکتری‌ها و باکتری‌های گرم‌ـمثبت، هیچ‌گاه به مسأله‌ای حساس و لحظه‌ای برای بیشتر ما انسان‌ها تبدیل نخواهد شد، اما در اینجا لازم به یادآوری است که تفاوت هر یک از آن‌ها با همسایگان‌شان درست به اندازهٔ تفاوت جانوران با گیاهان است. اگر طبقه‌بندی جدید وز چیزی به ما بیاموزد، آن است که حیات عملاً پدیده‌ای گونه‌گون است و بخش بزرگی از این گونه‌گونی نیز خُرد، تک سلولی و ناآشنا است. گرایش طبیعی انسان آن است که تکامل را همچون یک زنجیرهٔ طولانی متشکل از اصلاحات، پیشرفت بی‌پایان در جهت بزرگی و پیچیدگی ــ در یک کلام، به سوی انسان ــ در نظر بگیرید. ما به خودمان تملق می‌گوییم. بخش بزرگی از این گونه‌گونی عملی در سیر تکامل طبیعی، در مقیاس کوچک بوده است. ما موجودات بزرگ، از حسن تصادف ــ به صورت یک شاخهٔ جنبی جالب ــ اینجاییم. از بیست و سه تقسیم‌بندی اصلی حیات، فقط سه مورد ــ گیاهان، جانوران، و قارچ‌ها ــ به قدر کافی برای دیده شدن توسط چشم انسان‌ها بزرگ هستند، ولی حتی همین‌ها نیز دارای گونه‌های میکروسکپی

هستند. به بیان دقیق‌تر و به گفتهٔ وز، اگر کل بیوماس کرهٔ زمین ــ هر موجود زنده، از جمله گیاهان ــ را با هم جمع کنید میکرب‌ها دست کم ۸۰ درصد آن و شاید هم بیش از آن را تشکیل می‌دهند. جهان به موجودات بسیار خُرد تعلق دارد ــ و از میلیاردها سال پیش چنین بوده است.

هر کسی مجبور است در نقطه‌ای از عمر خود این پرسش را مطرح سازد: پس چرا میکرب‌ها در اغلب موارد می‌خواهند به ما آسیب برسانند؟ مبتلا شدن ما به تب و لرز، بد قیافه شدن ما بر اثر انواع دردها، یا مخصوصاً دم فروبستن و مُردن ما چه رضایت خاطری برای فلان میکرب فراهم می‌آورد؟ هر چه باشد یک میزبان مرده نخواهد توانست پذیرایی درازمدتی از آن میکرب به عمل آورد.

نخست، لازم به یادآوری است که اغلب میکروارگانیسم‌ها برای آسایش ما آدمیان، بی ضرر یا حتی مفید هستند. تهاجمی‌ترین میکروارگانسیم عفونت‌زا در کرهٔ زمین، یعنی باکتری موسوم به وُلباکیا، هیچ آسیبی به انسان ــ یا حتی به هیچ موجود مهره‌دار دیگر ــ نمی‌رساند، اما شما اگر یک میگو یا یک کرم یا یک مگس میوه باشید، شما را به روزی می‌اندازد که همیشه آرزو خواهید کرد که ای کاش به دنیا نیامده بودید. بر طبق مقاله‌ای که در مجلهٔ نشنال جئوگرافیک منتشر شد، بر روی هم فقط یک میکرب از هزار میکرب برای انسان ایجاد بیماری می‌کند ــ هر چند با اطلاع از اینکه برخی از میکرب‌ها چه کارهایی می‌توانند انجام دهند، به راحتی می‌توان دریافت که همین مقدار نیز به قدر کافی زیاد است. میکرب‌ها، حتی اگر اغلب‌شان بی‌خطر باشند، در دنیای غرب همچنان سومین کُشندهٔ انسان‌ها به شمار می‌روند، و البته حتی بسیاری از میکرب‌های کمتر کُشنده، ما را بر آن می‌دارند که از وجودشان ابراز تأسف کنیم.

ناخوش کردن تعداد کثیری از موجودات زنده، فایده‌هایی برای میکرب دارد. بروز نشانه‌های هر بیماری، غالباً به انتشار خود بیماری یاری می‌رساند. استفراغ، عطسه و اسهال از عالی‌ترین روش‌های خارج شدن از جسم یک میزبان و قرار گرفتن در موقعیت مناسب برای وارد شدن در میزبانی دیگر است. موثرترین روش از میان تمام روش‌ها، به خدمت گرفتن یک شخص ثالث در حال

حرکت و استفاده از کمک‌های او است. ارگانیسم‌های عفونت‌زا به این دلیل از پشه خوش‌شان می‌آید که نیش پشه، آن‌ها را مستقیماً وارد رگی می‌کند که در آن می‌توانند بی‌درنگ و پیش از آنکه ساز و کار دفاعی موجود گزیده شده بتواند متوجه واقعه شود، دست به کار شوند. به همین علت است که این همه بیماری درجه A ـ مالاریا، تب زرد، تب دانگ، التهاب مغز، و صد و اندی بیماری ناشناخته‌تر اما غالباً حریص ـ با نیش پشه آغاز می‌شوند. جای بسی خوشوقتی است که HIV یعنی عامل بیماری AIDS در میان آن‌ها ـ دست کم تا این تاریخ ـ نیست. هر HIV مکیده شده توسط پشه در مسیر سفر، توسط ساز و کار خود پشه حل می‌شود. وقتی روزی فرا برسد که این ویروس در مسیر خلاف این جهش پیدا کند، ما نیز حقیقتاً با مشکل مواجه خواهیم شد.

اما بررسی خیلی موشکافانهٔ این مسأله از یک موضوع منطقی، اشتباهی بیش نیست زیرا میکروارگانیسم‌ها به هیچ وجه موجوداتی حسابگر نیستند. همچنان که من و شما وقتی آن‌ها را میلیون میلیون با آب صابون در زیر دوش یا به وسیلهٔ افشانک‌های بو بر می‌کشیم کک‌مان نمی‌گزد، آن‌ها نیز اصلاً به این فکر نیستند که چه بلایی به سر من و شما می‌آورند. تنها زمانی که ادامهٔ آسایش شما برای فلان عامل بیماری‌زا اهمیت پیدا می‌کند، زمانی است که شما را خیلی خوب می‌کُشد. اگر عوامل بیماری زا شما را پیش از دور شدن از شما نابود کنند، در آن صورت ممکن است خودشان هم بمیرند و نابود شوند. عملاً گاه‌گاهی چنین پیش می‌آید. جیرد دایمند متذکر می‌شود که تاریخ، سرشار از بیماری‌هایی است که «یک بار باعث انتشار بیماری‌های همه‌گیر مخوف شدند و سپس با همان اسرارآمیزی که به ظهور رسیده بودند ناپدید شدند.» او به مثال بیماری مقاوم و دلرحم و زودگذر تعریق یا تب ارزنی در انگلستان اشاره می‌کند که از سال ۱۴۸۵ تا سال ۱۵۵۲ شیوع یافت و ده‌ها هزار نفر را در مسیر خود کشت و سپس خودش را نابود کرد. کارآیی خیلی زیاد، خصوصیت چندان خوبی برای یک ارگانیسم عفونت‌زا نیست.

بخش بزرگی از هر بیماری نه بر اثر اینکه ارگانیسم مزبور چه بر سر ما آورده است بلکه بر اثر کارهایی بروز می‌کند که بدن می‌کوشد در مقابل آن ارگانیسم انجام دهد. دستگاه ایمنی بدن، در تلاش برای رهانیدن بدن از چنگال عوامل بیماری‌زا، گاهی سلول‌ها را نابود می‌کند یا به بافت‌های حساس بدن

آسیب می‌رساند، به طوری که وقتی ناخوش می‌شویم غالباً آنچه احساس می‌کنیم نه عوامل بیماری‌زا بلکه پاسخ‌های دستگاه ایمنی بدن به آن‌ها است. به هر حال، بیمار شدن پاسخی مناسب به عفونت است. افراد بیمار معمولاً به تختخواب می‌روند و استراحت می‌کنند و به همین دلیل تهدیدی برای اجتماع بزرگ پیرامون خود نیستند. علاوه بر آن، استراحت کردن، بیشتر منابع بدن را برای مقابله با عفونت آزاد می‌کند.

به دلیل وجودخیلی عامل‌ها با احتمال آسیب رساندن به ما، بدن ما نیز به انواع گوناگون سلول‌های سفید تدافعی مجهز شده است ـ بر روی هم نزدیک به ده میلیون نوع، که هر یک برای شناسایی و نابودکردن مهاجمی از یک نوع خاص طراحی شده‌اند. آماده نگهداشتن ده میلیون ارتش دایمی به صورت مجزا کاری بی‌ثمر و غیر ممکن است، به همین دلیل هر نوعی از سلول سفید فقط چند دیده‌ور را به حالت آماده باش نگهمیدارد. وقتی یک عامل عفونت‌زا ـ معروف به آنتی‌ژن (پادگن) ـ دست به تهاجم می‌زند، دیده‌ورهای مربوط به آن عامل، حمله کننده را شناسایی و هشدار مربوط به فراخواندن نیروهای تقویتی از نوع مناسب را صادر می‌کنند. در حالی که بدن ما دست اندرکار تولید این نیروها است، احتمالاً خود ما درست حسابی بیمار شده‌ایم. بهبودی از زمانی آغاز می‌شود که سرانجام، نیروهای تقویتی وارد عمل می‌شوند.

سلول‌های سفید، بسیار بی‌رحم‌اند و عوامل بیماری‌زا را تا آخرین عاملی که بتوانند پیداکنند صید خواهند کرد و به هلاکت خواهند رسانید. حمله کننده‌ها برای اجتناب از نابودی، دو روش راهبردی اساسی ابداع کرده‌اند. یا به سرعت ضربه می‌زنند و به سراغ میزبانی جدید می‌روند ـ مانند آنچه در بیماری‌های عفونی شایعی چون آنفلوانزا دیده می‌شود ـ یا آنکه تغییر قیافه می‌دهند تا سلول‌های سفید نتوانند آن‌ها را شناسایی کنند ـ مانند آنچه در HIV یا ویروس عامل بیمار AIDS دیده می‌شود که بی‌سر و صدا و بی‌آنکه آسیبی برساند می‌تواند سال‌های سال در هستهٔ سلول‌ها بماند و سپس ناگهان دست به کار شود.

یکی از جنبه‌های عجیب عفونت آن است که میکرب‌هایی که عموماً هیچ آسیبی نمی‌رسانند گاهی به قسمت‌های نامرتبط بدن راه می‌یابند و به گفتهٔ دکتر برایان مارش متخصص بیماری‌های عفونی در مرکز مراقبت‌های پزشکی

دارتموث ـ هیچکاک در شهر لبانن از ایالت نیو همپشر، «افراد ناگهان دیوانه می‌شوند. این حالت همیشه و در تصادف‌های رانندگی که افراد از درون زخمی می‌شوند پیش می‌آید. میکرب‌هایی که معمولاً در داخل روده به صورت بی‌خطر زندگی می‌کنند به دیگر قسمت‌های بدن ـ مثلاً به درون رگ‌ها ـ راه می‌یابند و آسیب‌های سنگین به بار می‌آورند.»

مهیب‌ترین و مهارناپذیرترین اختلال باکتریایی در حال حاضر، بیماری التهاب نیام نکروز کننده (*necrotizing fasciitis*) است که در آن باکتری‌ها شخص مبتلا شده را از درون می‌خورند، بافت درونی را تکه تکه می‌کنند و پسماندی خمیر مانند و سمی بر جا می‌گذارند. بیمار، معمولاً با شکایتی مختصر حاکی از ناراحتی ـ معمولاً جوش روی پوست و تب ـ به پزشک مراجعه می‌کند، اما به فاصلهٔ اندکی پس از آن حالش شدیداً وخیم می‌شود. وقتی کالبد شکافی از شخص فوت شده به عمل می‌آید، غالباً مشاهده می‌شود که از درون خورده شده است. تنها علاج این بیماری، «برداشت ریشه‌ای به طریق جراحی» ـ بریدن و برداشتن تک تک بخش‌های عفونی شده ـ است. هفتاد درصد مبتلایان به این بیماری فوت می‌کنند؛ تعداد کثیری از جان به دربردگان نیز قیافه و حالت طبیعی را از دست می‌دهند. منبع آلودگی، تیرهٔ پیش پا افتاده‌ای از باکتری‌های موسوم به استرپتوکوک گروه A است که معمولاً موجب گلودرد عفونی می‌شود. خیلی به ندرت و به دلایل ناشناخته، برخی از این باکتری‌ها به پوشش جداری گلو نفوذ می‌کنند و از این راه وارد بدن می‌شوند و ویرانگرترین آسیب‌ها را به آن وارد می‌آورند. این باکتری‌ها تماماً در مقابل آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم هستند. در ایالات متحد آمریکا معمولاً سالی هزار نفر به این بیماری مبتلا می‌شوند و کسی نمی‌تواند بگوید که وضع از این بدتر نخواهد شد.

همین حالت، دقیقاً در مورد بیماری مننژیت (التهاب شامگان) پیش می‌آید. دست کم ۱۰ درصد جوانان و ۳۰ درصد نوجوانان، حامل باکتری کُشندهٔ مننگوکوکی هستند، اما این باکتری، بدون هیچ خطری، در گلوی آن‌ها زندگی می‌کند. اما گاهی ـ مثلاً در یک جوان از هر صد هزار جوان ـ به درون رگ راه می‌یابد و جوان‌ها را عملاً خیلی بیمار می‌کند. در بدترین حالت، مرگ در ۱۲ ساعت قطعی می‌شود. چنین مرگی به طرز حیرت‌آوری سریع انجام می‌شود.

مارش می‌گوید: «شخصی که صبح امروز صحیح و سالم با شما صبحانه خورده است. ممکن است در ساعات غروب چشم از جهان فرو بندد.»

اگر ما چنین اسراف کارانه از بهترین سلاح خودمان در برابر باکتری‌ها استفاده نمی‌کردیم به موفقیت‌های به‌مراتب بیشتری دست می‌یافتیم. این سلاح، همان انواع آنتی بیوتیک است. نکتهٔ قابل توجه این است که برحسب یک برآورد، چیزی در حدود ۷۰ درصد آنتی بیوتیک‌های مصرفی در جهان پیشرفته به دام‌های پرواری داده می‌شوند، آن هم به طور روزانه و همراه غذای آن‌ها، صرفاً برای تسریع رشد یا پیشگیری از ابتلا به عفونت. این گونه استفاده از آنتی بیوتیک‌ها، فرصت کافی برای مقاوم شدن در برابر آن‌ها به باکتری‌ها می‌دهد. این فرصتی است که باکتری‌ها مشتاقانه از آن استفاده کرده‌اند.

در سال ۱۹۵۲ معلوم شد که پنیسیلین به طور کامل علیه تمام نژادهای باکتری‌های استافیلوکوکی مؤثر واقع می‌شود، به طوری که ویلیام استیوارت جراح آمریکایی در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ با اطمینان خاطر اعلام داشت: «زمان بسته شدن دفتر بیماری‌های عفونی فرا رسیده است. ما عفونت را به طور ریشه‌ای از ایالات متحد آمریکا برانداخته‌ایم.» اما در همان لحظاتی که او این سخنان را ایراد می‌کرد چیزی نزدیک به ۹۰ درصد همان نژادها در حال کسب مصونیت در برابر پنیسیلین بودند. به فاصلهٔ اندکی پس از این، یکی از این نژادهای جدید به نام *Methicillin-Resistant Staphylococus Aureus* گام به گام در بیمارستان‌ها عرض اندام کرد. فقط یک نوع آنتی بیوتیک به نام وانکومایسین، همچنان در برابر آن مؤثر واقع می‌شد، اما در سال ۱۹۹۷ یکی از بیمارستان‌های توکیو از پیدایش نژادی از باکتری‌ها گزارش داد که حتی در برابر این آنتی‌بیوتیک نیز مقاوم بود. طی چند ماه، این باکتری جدید به شش بیمارستان دیگر در ژاپن سرایت کرده بود. بر روی هم، میکرب‌ها بار دیگر در جنگ به پیروزی می‌رسند: فقط در بیمارستان‌های آمریکا، سالانه نزدیک به چهارده هزار نفر بر اثر عفونت‌هایی که در آنجا می‌گیرند چشم از جهان فرو می‌بندند. همچنان که جیمز سورووییکی متذکر شده است، اگر قرار باشد شرکت‌های داروسازی بین تولید آنتی بیوتیک‌هایی که مردم به طور روزانه در طی دو هفته بخورند یا تولید داروهای ضد افسردگی که روزی یک بار تا پایان عمر مصرف می‌کنند یکی را برگزینند، مطمئناً به گزینهٔ دوم رأی خواهند

داد. با آنکه چندتایی از آنتی بیوتیک‌ها قدری آب دیده و سخت‌تر شده‌اند، صنعت داروسازی از دههٔ ۱۹۷۰ به بعد هیچ آنتی‌بیوتیک جدیدی عرضه نکرده است.

از زمان کشف این واقعیت که بسیاری از بیماری‌ها ریشهٔ باکتریایی دارند، بی‌احتیاطی ما بر روی هم نگران کننده‌تر می‌شود. فرآیند این کشف در سال ۱۹۸۳ و زمانی آغاز شد که بَری مارشال از پزشکان شهر پِرت در غرب استرالیا متوجه شد که چندین سرطان از سرطان‌های معده و بسیاری از زخم‌های معده بر اثر یک باکتری به نام هلیوکوباکتر پیلوری (*Helicobacter pylori*) ایجاد می‌شوند. گرچه یافته‌های او به سادگی محک زده و آزمایش شدند، اعلام این نظریه به قدری اساسی بود که تا یک دههٔ بعد هنوز به طور کامل از سوی دانشمندان پذیرفته نشده بود. مثلاً انستیتوهای ملی بهداشت در آمریکا، این نظریه را تا سال ۱۹۹۴ رسماً تایید نکردند. مارشال در سال ۱۹۹۹ به یکی از خبرنگاران مجلهٔ فوربس گفت: «تاکنون صدها یا حتی هزاران نفر بر اثر این گونه زخم‌ها مرده‌اند، که نمی‌بایست می‌مردند.»

از آن تاریخ به بعد، تحقیقات بیشتر اثبات کرده است که در تمام انواع اختلالات دیگر نیز یک جزء باکتریایی وجود دارد یا ممکن است وجود داشته باشد ــ مانند بیماری قلبی، آسم، آرتریت، تصلب متعدد (multiple sclerosis)، چندین نوع اختلال روانی، بسیاری از سرطان‌ها، حتی برخی‌ها (بیشتر در مجلهٔ ساینس) چاقی را نیز از آن جمله دانسته‌اند. شاید تا رسیدن به روزی که ما به یک آنتی بیوتیک مؤثر نیاز داشته باشیم ولی چنین چیزی برای استفادهٔ ما وجود نداشته باشد فاصلهٔ چندانی نمانده باشد.

شاید با شنیدن این خبر که خود باکتری‌ها نیز می‌توانند بیمار شوند قدری آسایش خیال پیدا کنید. باکتری‌ها گاهی به وسیلهٔ باکتری‌خوارها که نوعی ویروس هستند عفونی می‌شوند. ویروس، موجودی عجیب و کریه ــ یا «تکه‌ای اسید نوکلئیک محاصره شده با خبرهای ناگوار» در قالب عبارت به یادماندنیِ پیتر مداوار برندهٔ جایزهٔ نوبل ــ است. ویروس‌ها که از باکتری‌ها کوچکتر و ساده‌ترند، خودشان زنده نیستند. در حالت انزوا، خنثی و بی‌خطرند. اما اگر با یک میزبان مناسب تماس پیدا کنند منفجر و زنده می‌شوند. تاکنون در حدود پنج هزار نوع ویروس شناخته شده‌اند که جملگی بین خودشان، ما را به چندین هزار بیماری از

آنفلوانزا و سرماخوردگی معمولی گرفته تا بیماری‌های نابود کنندهٔ آسایش و آرامش زندگی مبتلا می‌سازند: آبله، هاری، تب زرد، اِبولا، فلج اطفال، و ویروس کاهندهٔ ایمنی بدن انسان (HIV) دارای ۱۰ ژن یا کمتر هستند در حالی که ساده‌ترین باکتری‌ها نیازمند چندین هزار ژن هستند. علاوه بر این، ویروس‌ها بسیار ریز یا آن قدر ریز هستند که با کمک یک میکروسکوپ عادی دیده نمی‌شوند. نخستین‌بار در سال ۱۹۴۳ و به دنبال اختراع میکروسکوپ الکترونی بود که علم توانست ویروس را مشاهده کند. اما ویروس‌ها می‌توانند آسیب‌های کلان به انسان وارد کنند. فقط بیماری آبله در سدهٔ بیستم چیزی در حدود ۳۰۰ میلیون نفر را کشت.

ویروس‌ها ظرفیت تکان دهنده‌ای برای منفجر شدن و یورش آوردن به کرهٔ زمین در شکل نو و حیرت‌انگیز و سپس ناپدید شدن با همان سرعت پیدایش‌شان دارند. در سال ۱۹۱۶، در یک چنین موردی، مردم اروپا و آمریکا تدریجاً به نوعی بیماری خواب‌آور عجیب مبتلا شدند که آنسفالیت لتارژیک (التهاب مغز) نامیده شد. مبتلایان به این بیماری به خواب می‌رفتند و دیگر بیدار نمی‌شدند. بدون دشواری زیاد می‌شد برای غذا خوردن یا رفتن به مستراح و غیره بیدارشان کرد، با عبارات معنی‌دار به پرسش‌های اطرافیان پاسخ می‌دادند ــ می‌دانستند کی‌اند و کجایند ــ هر چند رفتارشان با بی‌اعتنایی آمیخته بود.

اما درست در لحظه‌ای که فرصت استراحت کردن به آن‌ها داده می‌شد، در یک آن به عمیق‌ترین خواب ممکن فرو می‌رفتند و تا زمانی که کسی بیدارشان نمی‌کرد در همان حال می‌ماندند. بعضی‌ها چند ماه از عمرشان را در خواب می‌گذراندند و سپس می‌مردند. تعداد بسیار اندکی از این خواب زدگان از چنگال مرگ می‌گریختند و هشیاری خود را به دست می‌آوردند اما دیگر از سرزندگی سابق در وجودشان خبری نبود. عمر آن‌ها در یک حالت بی‌اعتنایی ژرف یا به گفتهٔ یک پزشک «مانند یک آتشفشان خاموش» می‌گذشت. این بیماری در طی ۱۰ سال چیزی در حدود ۵ میلیون نفر را کشت و پس از آن به آرامی ناپدید شد. بیماری خواب، توجه طولانی مدت بسیاری از دانشمندان را به خود جلب نکرد زیرا همزمان با آن، یک بیماری همه گیر مخوف‌تر ــ به بیان دقیق‌تر، مخوف‌ترین بیماری تاریخ ــ مردم سراسر جهان را به خود مبتلا کرد.

این بیماری را گاهی بیماری همه‌گیری آنفلوانزای بزرگ خوکی یا

آنفلوانزای بزرگ اسپانیایی نامیده‌اند، اما گذشته از عنوانش، یک بیماری مهیب بود. جنگ جهانی اول، بیست و یک میلیون نفر را طی چهار سال هلاک کرد؛ بیماری آنفلوانزای خوکی همین تعداد انسان را طی چهار ماههٔ نخست شیوعش از پا درآورد. تقریباً ۸۰ درصد هلاک شدگان آمریکایی در جنگ جهانی اول نه بر اثر آتش دشمن بلکه بر اثر ابتلا به این آنفلوانزا نابود شدند. در برخی از یگان‌های نظامی، درصد مرگ و میر تا حد بسیار بالای ۸۰ درصد رسید.

آنفلوانزای خوکی در بهار سال ۱۹۱۸ به شکل یک آنفلوانزای معمولی و غیر کشنده ظاهر شد، اما به شکلی در طی چند ماه ــ کسی نمی‌داند چگونه و کجا ــ جهش یافت و به چیزی خطرناک‌تر تبدیل شد. یک پنجم قربانیان، فقط نشانه‌های خفیف ابتلا به بیماری را از خود بروز می‌دادند، ولی بقیهٔ آن‌ها شدیداً مریض می‌شدند و غالباً می‌مردند. بعضی‌ها به فاصلهٔ چند ساعت از پا در می‌آمدند، برخی نیز تا چند روز دوام می‌آوردند.

در ایالات متحد آمریکا، نخستین موارد منتهی به مرگ در میان ملوانان شهر باستن در اواخر ماه اوت ۱۹۱۸ ثبت شد اما خود بیماری سریعاً در سراسر کشور شیوع یافت. مدرسه‌ها تعطیل شدند، مراکز تفریحات عمومی بسته شدند، و مردم در همه جا ماسک به صورت‌شان زدند. این اقدامات، چندان نتیجه‌ای به بار نیاورد. در فاصلهٔ بین پاییز ۱۹۱۸ و بهار سال بعد، پانصد و چهل و هشت هزار و چهارصد و پنجاه و دو نفر بر اثر ابتلا به این آنفلوانزا در آمریکا مردند. تعداد کشتگان در بریتانیا به ۲۲۰,۰۰۰ نفر رسید، و به همین تعداد نیز در فرانسه و آلمان کشته شدند. از تعداد کشتگان سراسر جهان هیچ اطلاعی در دست نیست، زیرا آمارگیری در کشورهای جهان سوم غالباً درست انجام نمی‌شد، ولی این رقم به هیچ وجه از بیست میلیون کمتر نبود و احتمالاً به چیزی در حدود ۵۰ میلیون نفر نزدیک می‌شد. تعداد کل کشتگان در سراسر جهان بر طبق برخی برآوردها تا ۱۰۰ میلیون نفر نیز می‌رسید.

مقامات بهداشتی ضمن تلاش برای پیدا کردن یک واکسن، در یک زندان نظامی واقع در جزیرهٔ آیلند در بندرگان باستن، چندین آزمایش با داوطلبان انجام دادند. به این زندانیان قول داده شد در صورتی که زنده بمانند و از انبوه آزمایش‌ها جان سالم به در ببرند، باقی ماندهٔ مدت زندان‌شان شامل عفو خواهد

شد. کمترین چیزی که دربارهٔ این آزمایش‌ها می‌توان گفت این است که طاقت فرسا بودند. نخست بافت ریهٔ آلوده را که از افراد مرده گرفته بودند به این زندانیان تزریق می‌کردند، سپس به درون دهان، بینی و چشم‌های شان افشانهٔ (اسپری) آلوده می‌پاشیدند. اگر پس از این کارها از پا در نمی‌آمدند، ترشحات گرفته شده از بیماران و اشخاص در حال مرگ را با میلهٔ نمونه‌برداری پزشکی به سطح گلوی آن‌ها می‌مالیدند. اگر از هیچ یک از این کارها نتیجه‌ای گرفته نمی‌شد، از زندانیان خواسته می‌شد که روی صندلی بنشینند و دهان‌شان را باز نگهدارند تا یک بیمار در حال مرگ توی صورت‌شان شدیداً سرفه کند.

نکتهٔ حیرت‌انگیز این بود که پزشکان از میان سیصد زندانی داوطلب، شصت و دو نفر را برای آزمایش انتخاب کردند. هیچ یک از آن‌ها به آنفلوانزای خوکی مبتلا نشدند ـ حتی یک نفرشان. تنها کسی که بیمار شد دکتر بخش بود که بلافاصله مرد. تبیین احتمالی این وضع آن بود که آنفلوانزای همه گیر مورد آزمایش، چند هفته زودتر این زندان را ترک گفته بود و داوطلبان، که جملگی جان سالم به در برده بودند، مصونیت طبیعی داشتند.

بسیاری از جنبه‌های مربوط به آنفلونزای ۱۹۱۸ یا به درستی شناخته نشد یا اصلاً شناخته نشد. یک معما، چگونگی انتشار ناگهانی آن در سراسر مناطقی است که به وسیلهٔ اقیانوس‌ها، سلسله کوه‌ها، و دیگر موانع زمینی از یکدیگر جدا می‌شوند. هر ویروس در خارج از بدن میزبان فقط تا چند ساعت می‌تواند زنده بماند، بنابراین چگونه ممکن است در یک هفته در نقاطی دور از هم مانند مادرید، بمبئی و فیلادلفیا ظاهر شده باشد؟

پاسخ احتمالی به این پرسش آن است که دورهٔ کمون و سپس انتشار ویروس مذکور در وجود و توسط افرادی انجام شده است که فقط نشانه‌های اندکی از ابتلا به بیماری را از خود بروز داده بودند یا اصولاً نشانه‌ای در آن‌ها مشاهده نشده بود. حتی در مواقع شیوع عادی، در حدود ۱۰ درصد مردم به آنفلونزا مبتلا می‌شوند ولی خودشان اطلاعی از آن ندارند چون هیچ‌گونه عوارض بیماری در خودشان احساس نمی‌کنند. و چون همین افراد دایماً در حرکتند و به اینجا و آنجا رفت و آمد دارند، معمولاً از انتشار دهندگان بزرگ این بیماری هستند.

توزیع گستردهٔ این بیماری در سال ۱۹۱۸ از همین طریق صورت گرفت،

ولی هنوز به ما نمی‌گوید که چگونه توانست چندین ماه به صورت نهفته بماند و کم و بیش همزمان در همه جای کرهٔ زمین به صورت انفجارآمیز فوران کند. حتی از آن اسرارآمیزتر این است که بیش از همه کسانی را از پا درآورد که در عنفوان جوانی به سر می‌بردند. شدت ابتلا به آنفلوانزا معمولاً در کودکان و سالخوردگان چشمگیرتر است، اما مرگ و میر ناشی از آن در سال ۱۹۱۸، بین افراد بیست تا چهل ساله از همه بیشتر بود. در این مورد احتمال می‌رود که سالخوردگان به دلیل مصونیت حاصل از ابتلای قبلی به ویروس آنفلوانزایی از همان نژاد، مقاوم شده بوده‌اند اما هنوز معلوم نیست چرا نوجوانان و کودکان کم سن و سال نیز مانند سالخوردگان در امان ماندند. بزرگترین جنبهٔ اسرارآمیز این بیماری آن است که چرا آنفلوانزای سال ۱۹۱۸ آن همه کشت و کشتار کرد در حالی که اغلب آنفلوانزاها چنین ضایعه‌ای به بار نمی‌آورند. هنوز چیزی بر ما روشن نشده است.

هر چند گاه یک بار، نژادهای خاصی از ویروس‌ها به صحنه باز می‌گردند. یک ویروس خطرناک روسی به نام H1N1 در سال ۱۹۳۳ چندین بار در نقاط مختلف جهان ظاهر شد، سپس یک بار در دههٔ ۱۹۵۰ و یک بار دیگر هم در دههٔ ۱۹۷۰ فعال شد. هیچ معلوم نیست که در آن فاصله‌ها به کجا می‌رفت یا چه بر سرش می‌آمد. بنابر یک دیدگاه، ویروس‌ها پیش از آنکه به سراغ نسل جدیدی از انسان‌ها بروند، مدتی به صورت نامحسوس در میان جمعیت‌های جانوران وحشی به سر می‌برند. هیچ کس نمی‌تواند این امکان را نادیده بگیرد که آنفلوانزای بزرگ خوکی ممکن است یک بار دیگر چهرهٔ کریه خود را نشان دهد.

اگر این ویروس چنین نکند، بدون تردید ویروس‌های دیگری چنین خواهند کرد. ویروس‌های جدید و مخوف دایماً از هر گوشه و کناری سر بر می‌آورند. تب‌های ابولا، لاسا، و ماربورگ، جملگی نشان داده‌اند که ناگهان شعله‌ور و سپس خاموش می‌شوند، اما هیچ کس نمی‌تواند بگوید که این ویروس‌ها به نحوی از انحا در خفا دستخوش جهش نمی‌شوند یا خیلی ساده به انتظار از راه رسیدن لحظهٔ مناسب برای منفجر شدن و فاجعه آفریدن نمی‌مانند. اکنون معلوم شده است که بیماری AIDS مدت‌ها پیش از آنکه کسی متوجه حضورش شود در میان ما بوده است. محققان مرکز پزشکی سلطنتی انگلستان به این نتیجه رسیدند که ملوانی که در سال ۱۹۵۹ بر اثر ابتلا به بیماری‌هایی

اسرارآمیز و لاعلاج درگذشته بود عملاً به AIDS مبتلا بوده است. اما به هر دلیلی که شده، این بیماری همچنان تا بیست سال بعد به طور کلی ناشناخته ماند.

معجزه‌ای که پیش آمده، آن است که بیماری‌های مشابه دیگری در جامعهٔ بشر انتشار نیافته‌اند. تب لاسا، که نخستین‌بار در سال ۱۹۶۹ شناسایی شد (در افریقای غربی)، بی‌نهایت کُشنده و بسیار ناشناخته است. در سال ۱۹۶۹ یکی از پزشکان آزمایشگاه دانشگاه ییل در نیوهیون، کانکتیکت که دست اندرکار مطالعهٔ تب لاسا بود به این تب مبتلا شد. او جان سالم به در برد اما وحشتناک‌تر از آن، تکنسینی بود که در آزمایشگاه مجاور وی کار می‌کرد و هیچ تماسی با این بیماری نداشت. او به این تب مبتلا شد و درگذشت.

خوشبختانه شیوع بیماری در همان جا متوقف شد، اما همیشه نمی‌توان به این گونه خوش‌اقبالی‌ها تکیه کرد یا امیدوار بود. شیوهٔ زندگی انسان امروزی، بیماری‌های همه‌گیر را به سوی خود جلب می‌کند. سفر هوایی، انتشار عوامل بیماری‌زا در سراسر جهان را با سهولتی خارق‌العاده میسر می‌سازد. یک ویروس ابولا می‌تواند روز خود را مثلاً در شهر افریقایی بنین آغاز کند و در نیویورک یا هامبورگ یا نایروبی یا در همهٔ اینها به پایان برساند. این، همچنین بدان معنی است که مقامات و سازمان‌های پزشکی باید روز به روز بر آشنایی خود با تمام و تک تک بیماری‌های موجود در همه جای جهان بیفزایند، که البته در حال حاضر این آشنایی وجود ندارد. در سال ۱۹۹۰ یک نیجریه‌ای که در شیکاگو زندگی می‌کرد ضمن مسافرت به کشورش برای دیدار آشنایان به تب لاسا مبتلا شد ولی تا زمانی که به ایالات متحد آمریکا بازنگشته بود نشانه‌های ابتلا به آن را از خود بروز نداد. او بدون آنکه بیماری‌اش تشخیص داده شود در یکی از بیمارستان‌های شیکاگو درگذشت. اطرافیان، بی خبر از اینکه او به یکی از کُشنده‌ترین و عفونی‌ترین بیماری‌های جهان مبتلا شده بود، هیچ اقدام احتیاطی خاصی در معالجهٔ او یا در تماس با او به عمل نیاوردند. معجزه‌ای که در اینجا رخ داد آن بود که کسی به تب ابولا مبتلا نشد. البته دفعهٔ بعد ممکن است بخت تا این اندازه با اطرافیان چنین شخصی یار نباشد.

با اشاره به این نکتهٔ تأمل برانگیز، اکنون زمان آن رسیده است که بازگردیم به دنیای موجودات زندهٔ مریی.

# ۲۱ حیات ادامه می‌یابد

فسیل شدن آسان نیست. سرنوشت تقریباً تمام موجودات زنده ـ بیش از ۹۹/۹ درصدشان ـ پوسیدن و هیچ شدن است. وقتی چراغ عمر خاموش می‌شود، تک تک مولکول‌هایی که در اختیار داریم، یا ذره ذره از وجودمان کنده می‌شوند یا با آب شسته می‌شوند و در موجودی دیگر به کار گرفته می‌شوند. همین است و بس. مولکول‌های بدن ما حتی اگر به گروه کوچک موجوداتی بپیوندند که تعدادشان از ۰/۱ درصد تجاوز نمی‌کند و توسط موجودات دیگر خورده نمی‌شوند، احتمال فسیل شدن بدن‌مان بسیار اندک است.

برای فسیل شدن، چند شرط لازم است. نخست آنکه فرد باید در جای مناسب بمیرد. فقط در حدود ۱۵ درصد سنگ‌ها می‌توانند فسیل‌ها را در خود نگهدارند. بنابراین تلاش برای پیدا کردن محلی پوشیده از سنگ گرانیت و مردن در آنجا بی‌فایده خواهد بود. از لحاظ عملی، موجود متوفی باید در محلی رسوبی بمیرد و دفن شود تا مانند برگی که روی گلِ شل می‌افتد، نقش خود را در آن برجا بگذارد یا بی‌آنکه در معرض اکسیژن قرار گیرد بپوسد تا مولکول‌های استخوان‌ها و بخش‌های سخت (وگاهی حتی بخش‌های نرم‌تر) بدنش امکان حل شدن در کانی‌های محلول و آفریدن نسخهٔ سنگی اصل آن موجود را پیدا کنند. سپس، همچنان که رسوبات پیرامونی آن موجود بدون هیچ نظم خاصی برهم فشرده می‌شوند و چین خوردگی پیدا می‌کنند و بر اثر فعل و انفعالات زمین به این سو و آن سو کشانده می‌شوند، فسیل به نحوی از انحا شکل قابل تشخیص خود را حفظ کند. سرانجام و مهم‌تر از همه، پس از ده‌ها میلیون یا شاید صدها میلیون

سال ناپیدا ماندن از دید ما، باید روزی یافت شود و به صورت چیزی ارزشمند برای نگهداری شناسایی شود.

گفته می‌شود فقط یک استخوان از هر یک میلیارد استخوان ممکن است به فسیل تبدیل شود. اگر این سخن درست باشد بدین معنی است که کل میراث فسیلی آمریکاییان زندهٔ امروزی ــ یعنی ۲۷۰ میلیون نفر هر یکِ با ۲۰۶ استخوان ــ فقط چیزی در حدود پنجاه استخوان یا یک چهارم یک اسکلت کامل بدن خواهد بود. البته این بدان معنی نیست که بگوییم هر یک از این استخوان‌ها عملاً یافت خواهند شد. با در نظر گرفتن اینکه استخوان‌های مزبور ممکن است در هر نقطه‌ای از یک منطقهٔ تقریباً بزرگتر از ۳/۶ میلیون مایل مربعی مدفون شوند که اصولاً در بخش بسیار ناچیزی احتمال زیر و رو شدن‌شان می‌رود، احتمال مطالعه شدن‌شان از آن هم کمتر است، و اگر چنین شود باید گفت معجزه‌ای رخ داده است. فسیل‌ها از هر جهت، چیزهایی بسیار کمیاب هستند. بخش بزرگی از حیات گذشته بر روی زمین، هیچ اثری از خود برجا نگذاشته است. برآورد کرده‌اند که چیزی کمتر از یک گونه در هر ده هزار گونه به بایگانی فسیلی پیوسته است. این به خودی خود یک نسبت بی‌نهایت کوچک است. اما اگر این برآورد رایج را بپذیرید که کرهٔ زمین تا این تاریخ بیش از ۳۰ میلیارد گونهٔ جانوری و گیاهی در طول حیاتش آفریده است و با این جملهٔ ریچارد لیکی و راجر لِوین در کتاب انقراض ششم (*The Sixth Extinction*) موافق باشید که می‌گویند تعداد گونه‌های جانوری و گیاهی در بایگانی فسیلی کرهٔ زمین به ۲۵۰,۰۰۰ می‌رسد، نسبت مذکور به یک گونه در هر ۱۲۰,۰۰۰ گونه کاهش پیدا می‌کند. هر کدام را که بپذیریم، آنچه اکنون در اختیار داریم فقط یک نمونه‌گیری کوچک از کل حیات پراکنده شده در سراسر کرهٔ زمین است.

گذشته از این، این بایگانی به طرز ناامیدکننده‌ای مخدوش و ناقص است. البته بخش بزرگی از جانوران خشکی‌زی در زمین‌های رسوبی نمی‌میرند. این جانوران که در زمین‌های آزاد از پا درمی‌آیند یا به وسیلهٔ جانوران دیگر خورده می‌شوند یا آن‌قدر در جای خود می‌مانند که بر اثر هوازدگی بپوسند و هیچ شوند. در نتیجه، کفهٔ بایگانی فسیلی زمین تقریباً به شکلی مضحک به سمت موجودات دریایی سنگینی می‌کند. در حدود ۹۵ درصد از کل فسیل‌های موجود به جانورانی

تعلق دارند که روزگاری در زیر آب، آن هم در دریاهای کم عمق به سر می‌برده‌اند.

این همه را بدان جهت یادآور شدم که بگویم چرا در یکی از روزهای ابری ماه فوریه برای دیدار با یک دیرین‌شناس پر نشاط، ژولیده موی و بسیار دوست داشتنی به نام ریچارد فورتی به موزهٔ تاریخ طبیعی در لندن رفتم.

فورتی خیلی چیزها دربارهٔ خیلی چیزها می‌داند. او نویسندهٔ کتابی شیطنت‌آمیز و شکوهمند به نام حیات: یک زندگینامهٔ غیرمجاز (*Life: An Unauthorized Biography*) است که شامل سراسر عرصهٔ موجودات زنده می‌شود. اما نخستین عشق فورتی، نوعی موجود دریایی به نام تریلوبیت‌ها است که روزگاری در دریاهای دورهٔ اوردوویسین (Ordovician) می‌زیسته‌اند اما عمری چندان طولانی نداشته‌اند مگر به شکل فسیل. همهٔ تریلوبیت‌ها دارای بدنی شامل سه قسمت یا سه لوب ـ سر، دم، گردن ـ هستند که نام‌شان نیز از اینجا مشتق می‌شود. فورتی وقتی پسر بچه‌ای بیش نبود نخستین تریلوبیت را زمانی یافت که روی سنگ‌های ساحل سنت دیویس در ایالت ویلز سرگرم بازی بود. او عاشق موضوعات حیات بود.

مرا همراه خودش به یک دهلیز پر از گنجه‌های بلند فلزی برد. هر گنجه چندین کشوی کم عمق داشت، و هر کشو نیز از تریلوبیت‌های سنگی ـ بر روی هم بیست هزار نمونه ـ انباشته شده بود.

گفت: «به نظر می‌رسد رقم بزرگی باشد، اما نباید فراموش کرد که میلیون‌ها میلیون تریلوبیت میلیون‌ها میلیون سال در دریاهای روزگار باستان زندگی می‌کرده‌اند. به همین دلیل، بیست هزار نمونه، هیچ رقم بزرگی نیست. تازه، بیشتر این‌ها نیز نمونه‌هایی ناقص هستند. پیدا کردن فسیل یک تریلوبیت کامل همچنان حکم فرا رسیدن لحظه‌ای پرشکوه برای هر دیرین‌شناس را دارد.»

تریلوبیت‌ها نخستین‌بار ـ به شکل کامل، و ظاهراً از سرچشمه‌ای ناشناخته ـ در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش، نزدیک به آغاز انفجار بزرگ حیات به شکل پیچیده که عموماً با عنوان انفجار کامبرین از آن نام برده می‌شود به ظهور رسیدند و سپس در جریان انقراض بزرگ و اسرارآمیز پرمین (Premian) به فاصلهٔ سیصد

هزار و چند صد سدهٔ بعد همراه با بسیاری موجودات دیگر هلاک و ناپدید شدند. همچنان که در مورد تمام موجودات منقرض شده دیده شده است، همهٔ دانشمندان شدیداً وسوسه می‌شوند که تریلوبیت‌ها را جانورانی شکست خورده در نظر آورند اما واقعیت آن است که تریلوبیت‌ها از جملهٔ موفق‌ترین جانورانی بودند که تا آن روزگار به عرصهٔ هستی گام می‌نهادند. دورهٔ تسلط آن‌ها تا ۳۰۰ میلیون سال ــ یعنی دو برابر عمر دایناسورها و خود از بازماندگان بزرگ تاریخ کرهٔ زمین به شمار می‌رفتند ــ ادامه پیدا کرد. فورتی معتقد است انسان‌ها تاکنون معادل یک دوم یک درصد تاریخ کرهٔ زمین عمر کرده‌اند.

تریلوبیت‌ها با دوره‌ای چنان طولانی که در اختیار داشتند، به طرزی حیرت‌انگیز تکثیر یافتند. جثهٔ بیشتر آن‌ها کوچک ماند و از جثهٔ سوسک‌های امروزی بزرگتر نشد، اما برخی از آن‌ها تا حد یک دیس بزرگ شدند. بر روی هم، تریلوبیت‌ها دارای پنج هزار جنس و شصت هزار گونه شدند ــ هر چند دایماً تعداد بیشتری از آن‌ها پیدا می‌شوند. فورتی اخیراً در کنفرانسی حضور یافت که در آمریکای جنوبی برگزار شده بود. در آنجا محققی از یک دانشگاه کوچک ایالتی در آرژانتین به وی مراجعه کرد. «این خانم، جعبه‌ای پر از چیزهای جالب ــ تریلوبیت‌هایی که تا آن زمان در آمریکای جنوبی یا هیچ جای دیگر مشاهده نشده بودند، به اضافهٔ بسیاری چیزهای دیگر ــ در اختیار داشت. هیچ‌گونه ابزار تحقیقاتی برای مطالعهٔ آن‌ها و هیچ بودجه‌ای برای ادامهٔ تحقیقات و یافتن تریلوبیت‌های بیشتر نداشت. بخش‌های بزرگی از جهان تاکنون ناکاویده مانده‌اند.»

«منظورتان از لحاظ تریلوبیت‌ها است؟»

«نه، منظورم از هر لحاظ دیگر است.»

* * *

در سراسر سدهٔ نوزدهم، تریلوبیت‌ها تقریباً تنها شکل‌های شناخته شدهٔ حیات پیچیدهٔ آغازین به شمار می‌رفتند و به همان دلیل نیز پیگیرانه گردآوری می‌شدند و مورد مطالعه قرار می‌گرفتند. یک راز بزرگ این موجودات، ظهور ناگهانی‌شان بود. حتی امروز، همچنان که فورتی می‌گوید، اگر به محل سازندهای سنگی قابل مطالعه بروید و کاوش‌های تحقیقاتی خود را از پایین به بالا و از اعصار گذشته تا روزگاران بعدی دنبال کنید، از اینکه با کوچکترین نشانهٔ مریی حیات مواجه

نمی‌شوید اما ناگهان «یک پروفالوتاسپیس (*Profallotaspis*) یا النلوس (*Elenellus*) کامل به بزرگی یک خرچنگ در دستان جستجوگرتان قرار می‌گیرد» سخت شگفت‌زده خواهید شد. به گفتهٔ فورتی، در این موجودات دست و پا، آب شش، سلسلهٔ اعصاب، شاخک‌های جستجوگر، «نوعی مغز» و عجیب‌ترین چشم‌های مشاهده شده تا آن روزگار به وجود آمده بود. چشم‌های این موجودات که از میله‌های کلسیت یا همان مادهٔ تشکیل دهندهٔ سنگ آهک ساخته شده بودند نخستین دستگاه‌های بینایی شناخته شده تا آن روزگار به شمار می‌رفتند. گذشته از این، نخستین تریلوبیت‌ها نه صرفاً از یک گونهٔ جسور بلکه از ده‌ها گونه تشکیل می‌شدند و نه فقط در یک یا دو نقطه بلکه در سراسر کرهٔ زمین به ظهور رسیدند. بسیاری از اندیشمندان سدهٔ نوزدهم این پدیده را نشانه‌ای از قدرت پروردگار و دلیلی بر رد آرمان‌های تکاملی داروین می‌دانستند. آن‌ها می‌پرسیدند: اگر تکامل طبیعی به آرامی پیش رفته است، پس این ظهور ناگهانی موجودات پیچیده و کاملاً شکل یافته را چگونه توجیه می‌کند؟ واقعیت آن است که داروین از عهدهٔ چنین توجیهی بر نمی‌آمد.

بدین ترتیب، به نظر می‌رسید حکم تقدیر آن است که این موضوع به همان حال بماند تا آنکه در یکی از روزهای سال ۱۹۰۹ و سه ماه مانده به پنجاهمین سالگرد انتشار کتاب دربارهٔ منشاء گونه‌ها (*On the Origin of Species*) اثر داروین، یک دیرین‌شناس به نام چارلز دولیتل ولکت به کشفی خارق‌العاده در کوه‌های راکی (روشوز) کانادا نایل آمد.

ولکت در سال ۱۸۵۰ در خانواده‌ای از طبقهٔ متوسط در نزدیکی یوتا از ایالت نیویورک چشم به جهان گشوده و در همان جا بزرگ شده بود. با مرگ ناگهانی پدرش در سال‌های کودکی ولکت، وضع خانواده‌اش ناگوارتر شد. ولکت در همان سال‌ها متوجه علاقه‌ای شد که برای پیدا کردن انواع فسیل به ویژه انواع تریلوبیت از درونش می‌جوشید. بدین ترتیب توانست مجموعه‌ای بسیار با ارزش گردآوری کند که توسط لویی آگسی به بهای ۷۰,۰۰۰ دلار به پول امروزی، برای موزه‌اش در دانشگاه هاروارد خریداری شد. ولکت با آنکه تحصیلات دبیرستانی را به پایان نرسانده بود، علوم زمانه را پیش خود فراگرفت و به محققی بزرگ در شناخت تریلوبیت‌ها تبدیل شد و نخستین کسی بود که ثابت کرد تریلوبیت‌ها از

گروه بندپایانی هستند که حشرات و سخت پوستان امروزی نیز بدان تعلق دارند.

در سال ۱۸۷۹ با عنوان محقق میدانی در سازمان زمین‌شناسی جدید التأسیس ایالات متحد آمریکا استخدام شد و خدماتی چنان برجسته انجام داد که به فاصلهٔ ۱۵ سال در مقام ریاست آن سازمان قرار گرفت. در سال ۱۹۰۷ به ریاست انستیتوی اسمیشسونین برگزیده شد و تا روز مرگش در سال ۱۹۲۷ در همان جا خدمت کرد. با وجود مسئولیت‌های سنگین اداری، همواره به تحقیقات میدانی ادامه داد و هیچ‌گاه دست از نوشتن برنداشت. به گفتهٔ فورتی، «کتاب‌هایی که نوشت، قفسهٔ یک کتابخانه را پر می‌کنند.» تصادفی نیست که او از مدیران و بنیان‌گذاران کمیتهٔ مشورتی ملی هوانوردی نیز بود، که بعدها به سازمان ملی هوانوردی و فضا (NASA) تبدیل شد. بدین ترتیب، او را به درستی می‌توان پدر عصر فضا نامید.

اما امروزه علت نام بردن از او کشف تیزهوشانه اما شگون‌داری بود که در اواخر سال ۱۹۰۹ و در بریتیش کلمبیا، در ارتفاعی بالاتر از شهر کوچک فیلد انجام داد. بنابر روایتی که در این مورد بر سر زبان‌هاست، ولکت همراه همسرش و سوار بر اسب، ازکوره راهی کوهستانی در پایین نقطه‌ای به نام رشته کوه برگس می‌گذشت که ناگهان دید اسب همسرش در میان سنگ‌های سست گیر افتاده است. پس از آنکه برای کمک به همسرش از اسب پایین آمد متوجه شد که پای اسب همسرش یک تکه سنگ شیلی (shale، یا پلمه سنگ) را که از نوع خاصی از سخت پوستان فسیلی غیرعادی و متعلق به روزگاران کهن پوشانده شده بود پشت و رو کرده است. هوا برفی بود ـ زمستان در کوه‌های راکی کانادا خیلی زود آغاز می‌شود ـ به همین علت آن دو زیاد در آنجا درنگ نکردند، اما سال بعد، ولکت در اولین فرصت به همان جا برگشت. او که مسیر فرضی لغزش و ریزش سنگ‌ها را ردیابی می‌کرد، در حدود ۷۵۰ فوت بالا رفت تا به قلهٔ کوه نزدیک شود. آنجا در ارتفاع ۸,۰۰۰ فوت از سطح دریا، یک رخنمون شیلی به طول تقریبی یک بلوک ساختمانی شامل مجموعهٔ بی‌مانندی از فسیل‌های متعلق به دورهٔ بلافاصله پس از شکل‌گیری و تکثیر حیات پیچیده در زمین ـ معروف به انفجار کامبرین ـ پیدا کرد. ولکت عملاً به کشف جام مقدس (holy grail) دیرین‌شناسی نایل آمده بود. این رخنمون، شیل برگس نام گرفت و به گفتهٔ مرحوم استیفن جی گولد در کتاب معروف حیات شگفت‌انگیز (*Wenderfal Life*) تا سال‌ها بعد «تنها چشم‌انداز موجود بشر به

سوی پیدایش حیات جدید با تمام جنبه‌های کمال یافتگی آن» به شمار می‌رفت.

گولد که هر کاری را با موشکافی انجام می‌داد از مطالعهٔ یادداشت‌های روزانهٔ ولکت دریافت که داستان کشف شیل برگس، تا حدودی با مبالغه در آمیخته است ـ ولکت هیچ اشاره‌ای به هوای برفی یا گیر افتادن پای اسب همسرش در میان سنگ‌های لغزیده نمی‌کند ـ اما تردیدی نیست که ولکت به کشفی خارق‌العاده نایل شده بود.

برای ما انسان‌ها که مجالی کوتاه و زودگذر معادل چند دهه برای زیستن در این کرهٔ خاکی داریم درک فاصلهٔ موجود بین این دوره و دورهٔ مربوط به انفجار کامبرین بسیار دشوار است. اگر بتوان با سرعت یک سال در ثانیه به‌گذشته پرواز کرد، به چیزی در حدود نیم ساعت برای رسیدن به سال تولد مسیح و اندکی بیش از سه هفته برای رسیدن به نخستین روزهای پیدایش زندگی انسان نیاز خواهد بود. اما برای رسیدن به سپیده‌دمان دورهٔ کامبرین به مهلتی بیست ساله نیاز است.

به بیان دیگر، انفجار کامبرین در گذشته‌ای بس دور رخ داد و جهان نیز منظره‌ای بس متفاوت با منظرهٔ کنونی داشت.

از یک جهت، پانصد و اندی میلیون سال پیش که شیل برگس شکل گرفت، این شیل نه در قلهٔ یک کوه بلکه در پای آن واقع شده بود. به عبارت دقیق‌تر، محل مذکور یک حوزهٔ آبگیر کم عمق اقیانوسی در کف یک پرتگاه تند بود. دریاهای آن روزگار از موجودات زنده لبریز بودند، ولی جانوران عموماً هیچ نشانی از خود برجا نمی‌گذاشتند چون بدنی نرم داشتند و به محض مردن می‌پوسیدند و از میان می‌رفتند. اما در برگس، پرتگاه سقوط کرد و موجودات زندهٔ کف پایینی آن در گل لغزنده به دام افتادند و همچون گُلی در لای برگ‌های کتاب فشرده شدند به طوری که خطوط و برجستگی‌های بدن‌شان با جزییات شگفتی‌آوری برجا ماند.

ولکت در جریان سفرهای سالانهٔ تابستانی خود از سال ۱۹۱۰ تا سال ۱۹۲۵ (که به سن هفتاد و پنج سالگی رسیده بود) ده‌ها هزار نمونهٔ جانوران را از طریق حفاری به دست آورد (گولد تعداد این حفاری‌ها را ۸۰,۰۰۰ می‌داند اما نکته‌سنجان باریک بین مجلهٔ نشنال جئوگرافیک رقم ۶۰۰۰۰ را درست می‌دانند) و برای ادامهٔ تحقیقات با خودش به واشینگتن برد. این مجموعه از لحاظ تعداد صرف و تنوعش بی‌مانند بود. برخی از فسیل‌های برگس صدف داشتند و بسیاری

دیگر بی‌صدف بودند. برخی بینا بودند و برخی نابینا. تنوع نمونه‌ها بسیار زیاد بود و بر طبق یک محاسبه ۱۴۰ گونه را شامل می‌شد. گولد می‌نویسد: «شیل برگس شامل مجموعه‌ای از ناهمخوانی‌ها در نقش‌های تشریحی می‌شد که از آن پس مشابهی نداشته است و در میان تمام موجودات امروزی اقیانوس‌ها نیز مشابهی ندارد.»

متأسفانه، به گفتهٔ گولد، ولکت نتوانست اهمیت کشفی را که انجام داده بود تشخیص دهد. گولد در کتابی دیگر به نام هشت توله خوک کوچولو (*Eight Little Piggies*) می‌گوید: «ولکت که شکست را از کام پیروزی درمی ربود، در راه تفسیر نادرست این فسیل‌های شکوهمند تا ژرفایی بی‌پایان گام برداشت و پیش رفت.» او فسیل‌ها را در قالب گروه‌های جدیدتر طبقه‌بندی کرد و در ردیف نیاکان کرم‌ها، ماهیان ژلاتینی و دیگر موجودات امروزی قرارداد و نتیجتاً نتوانست ویژگی‌های خاص آن‌ها را دریابد. گولد با حسرت می‌افزاید: «بر اساس یک چنین تفسیری، حیات در قالب سادگی آغازین پای به عرصهٔ هستی نهاد و به طرزی اجتناب‌ناپذیر و قابل پیش بینی به سوی بیشتر و بهتر شدن حرکت کرد.»

ولکت در سال ۱۹۲۷ درگذشت و فسیل‌های برگس نیز کلاً به فراموشی سپرده شدند. نزدیک به پنجاه سال تمام، همگی آن‌ها در کشوهای موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا آرمیده بودند و کمتر مورد مشورت یا پرسش قرار می‌گرفتند. اما در سال ۱۹۷۳ یک دانشجوی دانشگاه کیمبریج به نام سایمن کانوی ماریس از این مجموعه بازدید کرد. از آنچه در این کشوها دید سخت در شگفت شد. فسیل‌ها در مقایسه با آنچه ولکت در نوشته‌هایش گفته بود بمراتب متنوع‌تر و شکوهمندتر بودند. در رده‌بندی علمی، ردهٔ توصیف کنندهٔ شکل‌های پایهٔ بدن تمام موجودات زنده را شاخه (*Phylum*) می‌نامند، و در اینجا بود که کانوی ماریس نتیجه گرفت که کشوها یکی پس از دیگری، از تکینگی‌های تشریحی انباشته شده‌اند ــ و جملگی به طرزی حیرت‌آور و بی‌دلیل از حیطهٔ شناخت کاشف‌شان دور مانده‌اند.

کانوی ماریس، به کمک هری ویتینگتن که استاد سرپرست وی بود و یک دانشجوی دورهٔ کارشناسی به نام دِرِک بریگز، چند سال بعدی عمرش را در راه تجدید نظری سازمان یافته و علمی در کل آن مجموعه و انتشار کتاب‌های جالب، یکی پس از دیگری و به دنبال هر کشف از پی کشف دیگر صرف کرد. شکل بدن بسیاری از این موجودات طوری بود که تا آن زمان یا از آن زمان تاکنون هیچ

مشابهی نداشت، اما به طرز عجیبی متفاوت بودند. یکی از آن‌ها به نام اوپابینیا (*Opabinia*) پنج چشم و پوزه‌ای شیپوره مانند و چنگالی در انتها داشت. یکی دیگر که موجودی دیس مانند به نام پیتویا (*Peytoia*) بود به طرزی خنده‌دار به یک قاچ آناناس شباهت داشت. جانور سوم ظاهراً روی چند ردیف پای چوب مانندش به این سو و آن سو حرکت کرده بود و چنان عجیب می‌نمود که نام هالوسیگنیا (*Hallucigenia*) بر آن نهاده شد. تازگی های ناشناخته در این مجموعه به قدری زیاد بود که می‌گویند کانوی ماریس در یک مورد، به محض گشودن کشویی تازه، زیر لب گفت: «گندش بزنند، هنوز به یک شاخهٔ جدید نرسیده‌ام.»

بازنگری‌های گروه بریتانیایی نشان داد که دورهٔ کامبرین، روزگار نوآوری‌ها و تجربه‌گری‌ها در طراحی بدن موجودات زنده بوده است. روزگار حیات، در یک دورهٔ تقریباً چهار میلیارد ساله، بدون هیچ‌گونه بلند پروازی قابل ردیابی در مسیر پیچیده‌تر شدن، یکنواخت سپری شده بود، اما ناگهان در فاصلهٔ پنج یا ده میلیون سال، تمام طرح‌ها و نقش‌های پایه‌ای را آفرید که امروزه نیز به چشم می‌خورند. ساختمان بدن تک‌تک جانوران، از یک کرم رشته‌ای (Nematode) گرفته تا یک دیاس کامرونی (Cameron Diaz)، نخستین بار در دورهٔ کامبرین آفریده شد.

اما آنچه بیش از هر چیزی موجب شگفتی شد این بود که تعداد طرح‌ها و نقش‌های بدن جانوران به قدری زیاد بود که امکان قطع جریان وجود نداشت و به عبارت دیگر هیچ نسل دیگری از آن‌ها بر جا نماند. به گفتهٔ گولد، دست‌کم پانزده جانور و شاید هم بیست جانور از جانوران برگس به هیچ شاخهٔ شناخته شده‌ای تعلق نداشتند. (این تعداد، در اندک مدتی، در گزارش‌های رایج بین مردم، به صد جانور نیز رسید ـ یعنی عملاً بیش از آنچه دانشمندان دانشگاه کیمبریج تا آن زمان ادعا می‌کردند.) گولد می‌نویسد: «تاریخ حیات، داستان یک جابه‌جایی عظیم و تفکیک ناشی از آن در درون چند نژاد انگشت شمار باقی مانده است نه داستان مرسوم دربارهٔ افزایش پیوستهٔ خصوصیات عالی، پیچیدگی و تنوع.» موفقیت در مسیر تکامل، ظاهراً نتیجهٔ نوعی بخت‌آزمایی بوده است.

یک موجود زنده که توانست از این دام بگریزد، موجودی کوچک و کرم مانند به نام پیکایا گراسیلنس (*Pikaia gracilens*)، معلوم شد که ستون فقراتی ابتدایی داشته است که آن را به نخستین‌نیای شناخته شدهٔ تمام مهره‌داران بعدی از جمله

انسان تبدیل کرد. تعداد پیکایاها در میان فسیل‌های برگس به هیچ وجه زیاد نبود، به همین دلیل خدا می‌داند که این موجودات تا کجا در مسیر زوال پیش رفته‌اند. گولد، در نقل قول معروفی که از وی شده است بدون هیچ تردیدی اعلام می‌کند که موفقیت انسان در این رابطهٔ پدر و فرزندی را یک حسن تصادف می‌داند: «نوار حیات را به نخستین روزهای پیدایش شیل برگس برگردانید؛ اگر بگذارید دوباره از نقطه‌ای مشابه به گردش درآید، احتمال اینکه چیزی مانند هوش انسانی زینت بخش این گردش دوبارهٔ نوار حیات شود بسیار ناچیز خواهد بود.»

کتاب گولد در سال ۱۹۸۹ انتشار یافت و با ستایش منتقدان مواجه گردید و از لحاظ فروش نیز بسیار موفق بود. آنچه مردم نمی‌دانستند این بود که بسیاری از دانشمندان با نتیجه‌گیری‌های گولد موافق نبودند و خیلی زود بود که بخواهند چهرهٔ عبوس خود را در برابر آن نشان دهند. در چهار چوب دورهٔ کامبرین، «انفجار» در اندک مدتی، در خلق و خوی انسان‌های معاصر صورت خواهد گرفت تا در واقعیات فیزیولوژیکی روزگار کهن.

واقعیت آن است که امروزه ما می‌دانیم موجودات دارای اندام‌های پیچیده دست کم صد میلیون سال پیش از دورهٔ کامبرین وجود داشته‌اند. خیلی پیش از اینها می‌بایست اطلاعات بسیاری در این مورد در اختیارمان قرار می‌گرفت. نزدیک به چهل سال پس از کشف ولکت در کانادا، در آن سوی کرهٔ زمین یعنی در استرالیا، زمین‌شناسی جوان به نام رجینلد اسپریگ چیزی بس قدیمی‌تر ولی به همان اندازه با اهمیت پیدا کرد.

در سال ۱۹۴۶ که اسپریگ یک دستیار زمین شناس جوان در دستگاه دولت استرالیای جنوبی بود، مأمور نقشه‌برداری از معدن‌های متروکه در تپه‌های ادیاکاران از رشته کوه فلیندرز شد که منطقه‌ای دورافتاده و سوزان به فاصلهٔ ۳۰۰ مایلی شمال آدلائید است. هدف از این کار پی بردن به امکان ادامهٔ استخراج از برخی معدن‌ها با استفاده از فناوری‌های جدیدتر بود، و به همین دلیل اسپریگ کاری به مطالعهٔ سنگ‌های سطحی نداشت تا چه رسد به فسیل‌ها. اما یک روز، هنگام ناهار، اسپریگ بی‌اختیار، یک تکه ماسه سنگ را از جا بلند کرد و وقتی

متوجه فسیل‌های ظریفی شد که سطح سنگ را با نقش‌هایی مشابه نقش برگ بر روی گل شل پوشانده بودند، در شگفت شد. این سنگ‌ها به دورهٔ پیش از انفجار کامبرین مربوط می‌شدند. در اینجا او نظاره‌گر سپیده دمان حیات به شکل مریی آن بود.

اسپریگ مقاله‌ای در این‌باره نوشت و به مجلهٔ نیچر فرستاد، ولی پذیرفته نشد. اما در نشست سالانهٔ بعدی انجمن پیشبرد علم در استرالیا و زلند جدید، مقاله را قرائت کرد، که در اینحا نیز نتوانست توجه مسئولان انجمن را به خود جلب کند زیرا آن‌ها نقش‌های ادیاکاران را «یک رشته علامت‌های تصادفی مواد معدنی» ــ نقش‌های ایجاد شده توسط باد یا باران یا جزر و مد، اما نه توسط موجودات زنده ــ می‌پنداشتند. اسپریگ که هنوز یک سره ناامید نشده بود، به لندن رفت و یافته‌هایش را در کنگرهٔ بین‌المللی زمین‌شناسی (۱۹۴۸) مطرح ساخت، اما این بار هم نتوانست علاقه یا باور حاضران را به خود جلب کند. سرانجام، او که همهٔ درها را بسته یافته بود، نتایج یافته‌هایش را در نشریهٔ انجمن سلطنتی استرالیای جنوبی منتشر کرد. سپس از کار دولتی دست برداشت و به اکتشاف و استخراج نفت روی آورد.

نُه سال بعد، یعنی در سال ۱۹۵۷، پسر بچه‌ای مدرسه‌ای به نام جان میسُن ضمن گردش در جنگل چارنوود در اینگلیش میدلندز، تکه سنگی پیدا کرد که فسیلی عجیب در آن دیده می‌شد، مشابه قلم دریایی (sea pen) امروزی که از راستهٔ کیسه‌تنان (Pennatulacea) و دقیقاً همانند برخی از نمونه فسیل‌های یافت شده توسط اسپریگ بود، که آن همه زحمت کشید تا توجه دانشمندان را به آن‌ها جلب کند. این پسر بچه، تکه سنگ فسیل‌دار را به یک دیرین شناس در دانشگاه لستر تحویل داد، که او نیز بی‌درنگ متوجه شد این موجود به دورهٔ پرکامبرین (پیش از کامبرین) تعلق دارد. عکس و شرح حال میسُن جوان به عنوان یک قهرمان استثنایی در مطبوعات چاپ شد. هنوز هم در برخی از کتاب‌ها از وی نام برده می‌شود. نمونهٔ یافته شده نیز به افتخار او چامیا میسُنی (*Chamia masoni*) نامیده شد.

امروزه، برخی از نمونه‌های ادیاکاران اولیهٔ اسپریگ همراه با بسیاری از هزار و پانصد نمونهٔ دیگر که از آن زمان تاکنون در سراسر رشته کوه فلیندرز یافت شده‌اند در داخل قفسه‌ای شیشه‌ای در طبقهٔ بالای بنای محکم و دوست داشتنی موزهٔ استرالیای جنوبی در شهر آدلایید به تماشا گذاشته شده‌اند اما تماشاگران

چندان توجهی به آن‌ها نمی‌کنند. طرح‌ها و نقش‌های کنده کاری شدهٔ ظریف این نمونه‌ها اندکی ضعیف هستند و چشم افراد غیر کنجکاو را به خود جلب نمی‌کنند، اغلب آن‌ها کوچک و دیس مانند هستند که گاهی نیز نوارهای خزندهٔ گنگی در آن‌ها جلب توجه می‌کند. فورتی از این موجودات با عبارت «عجایب و غرایب نرم تن» نام برده است.

هنوز اختلاف نظر بسیار اندکی دربارهٔ ماهیت یا چگونگی زندگی این موجودات در میان است. تا جایی که ما می‌توانیم بگوییم، آن‌ها هیچ دهان یا مخرجی برای دریافت یا تخلیهٔ مواد گواردنی و هیچ‌گونه اندام درونی برای گوارش این مواد نداشتند. فورتی می‌گوید: در حالت زنده، اغلب آن‌ها به احتمال زیاد، صرفاً روی سطوح رسوب‌های ماسه‌ای دراز می‌کشیدند، درست مانند یک ماهی پهن نرم‌تن، بی‌اسکلت، و بی‌جان.» در فعال‌ترین حالت، از ماهی ژلاتینی پیچیده‌تر نبوده‌اند. تمام موجودات ادیاکاران از ردهٔ دو لایه رویان (*diplobastic*) بودند، بدین معنی که بدن‌شان از بافتی دو لایه ساخته می‌شد. تمام جانوران امروزی به استثنای ماهی ژلاتینی، سه لایه‌ای هستند.

برخی کارشناسان می‌گویند آن‌ها اصولاً جانور نبودند بلکه بیشتر به گیاهان یا قارچ‌ها شباهت داشتند. وجوه تمایز بین گیاه و جانور، حتی امروز، دقیقاً قابل تشخیص نیست. اسفنج امروزی، عمر خود را در حالی سپری می‌کند که به یک نقطه چسبیده است، چشم یا مغز یا قلب تپنده ندارد اما جانور به شمار می‌رود. فورتی می‌گوید: «وقتی به دورهٔ پیش از کامبرین برگردیم، تفاوت‌های گیاهان و جانوران، به احتمال قوی باز هم نامشخص‌تر می‌شود. هیچ قاعده‌ای وجود ندارد که در آن گفته شود موجود زنده باید یا جانور باشد یا گیاه.»

در این مورد نیز هیچ توافقی وجود ندارد که موجودات ادیاکاران را بتوان به طریقی در ردیف نیاکان یکی از موجودات زندهٔ امروزی (احتمالاً به استثنای برخی ماهی‌های ژلاتینی) قرار داد. بسیاری از دانشمندان، موجودات مذکور را نوعی آزمایش شکست خورده و تلاشی ناکام در جهت پیچیده‌تر شدن می‌دانند، احتمالاً به این دلیل که موجودات ادیاکاران به وسیلهٔ جانوران دارای اندام‌های نرم‌تر و پیشرفته‌تر متعلق به دورهٔ کامبرین دریده می‌شدند یا در رقابت با آن‌ها از پا در می‌آمدند.

فورتی می‌نویسد: «امروزه هیچ موجود زنده‌ای وجود ندارد که از هر جهت به موجودات مذکور شباهت داشته باشد. تفسیر آن‌ها در قالب نوعی نیای موجودات بعدی دشوار است.»

احساس غالب این بود که موجودات مذکور اهمیت تعیین کننده‌ای در تکامل حیات بر پهنهٔ کرهٔ خاکی نداشته‌اند. بسیاری از دانشمندان معتقدند که یک انهدام گروهی در مرز دو دورهٔ پیش از کامبرین و کامبرین به وقوع پیوسته است که در آن موجودات ادیاکاران (به استثنای ماهی ژلاتینی بی‌ثبات) نتوانسته‌اند به راه خود ادامه دهند و وارد مرحلهٔ بعد شوند. به عبارت دیگر، فعالیت واقعی حیات پیچیده با انفجار کامبرین آغاز شد. بر روی هم، این روایتی است که گولد برای خوانندگان کتابش باز می‌گوید.

اما در مورد بازنگری در فسیل‌های شیل برگس، محققان ناگهان در مورد تفسیرها به ویژه در مورد تفسیر تفسیرها توسط گولد ابراز تردید کردند. فورتی در مقاله‌ای در مجلهٔ لایف چنین می‌نویسد: «از آغاز، چند دانشمند بودند که علیرغم ستایش از چگونگی طرح گزارش استیفن جی گولد، در مورد خود گزارش ابراز تردید کردند.» البته این، خلاصهٔ صاف و سادهٔ سخنان او است.

ریچارد داوکینز از استادان دانشگاه آکسفرد در نخستین سطر یک مقالهٔ انتقادی دربارهٔ کتاب حیات شگفت‌انگیز نوشتهٔ استیفن جی گولد، چنین اظهار نظر می‌کند: «ای کاش استیفن جی گولد می‌توانست همانند نویسندگی‌اش درست و روشن بیندیشد!» داوکینز می‌پذیرد که کتاب گولد از نوع کتاب‌هایی است که «هر کس که در دست بگیرد نمی‌تواند زمین بگذارد» و آن را یک «شاهکار» می‌نامد اما خود گولد را به تفسیر «پرطمطراق و تقریباً نادرست» حقایق از طریق القای این نظر که بازنگری‌های انجام شده دربارهٔ فسیل‌های شیل برگس موجب حیرت جامعهٔ دیرین‌شناسی شده بود متهم می‌سازد. داوکینز خشمگینانه می‌گوید: «نظریه‌ای که او مورد حمله قرار می‌دهد ــ که تکامل به شکلی اجتناب‌ناپذیر در جهت نقطهٔ اوجی چون انسان به پیش می‌رود ــ در ۵۰ سال گذشته، از سوی کسی پذیرفته نشده است.»

با این حال، این همان نتیجه‌ای بود که بسیاری از منتقدان کتاب گولد نیز بدان رسیدند. یک منتقد ضمن مقاله‌ای در نشریهٔ *New York Times Book Review* با شادی اعلام می‌کند که به دنبال انتشار کتاب گولد، «دانشمندان به کنار گذاردن برخی تصورات و پیش پنداشت‌های بررسی نشدهٔ خود در طی چندین نسل روی آورده‌اند. آن‌ها، خواسته یا ناخواسته، تدریجاً این نظریه را می‌پذیرند که انسان را به یک اندازه حاصل یک حادثهٔ طبیعی و تکامل منظم به شمار می‌آورد.»

اما حملهٔ واقعی به گولد از این اعتقاد آغاز شد که بسیاری از نتیجه‌گیری‌های او را صرفاً اشتباه یا تظاهرآمیز اعلام می‌کرد. داواکینز در مقاله‌ای که در مجلهٔ تکامل انتشار یافت به ادعاهای گولد در مورد این که «تکامل در دورهٔ کامبرین فرآیندی متناوب با فرآیند امروزی بود» حمله کرد و خشم خود را از اعلام مکرر این نکته توسط گولد که «دورهٔ کامبرین یک دورهٔ آزمایش و تجربه‌گری تکاملی، آزمایش و خطای تکاملی، و خطاهای مقدماتی تکامل بوده است»... به زبان آورد. دورهٔ کامبرین همان دورهٔ پر حاصلی بود که تمام «طرح‌های اساسی بدن‌های» موجودات زنده در آن افکنده شد. امروزه، تکامل فقط با طرح‌های قدیمی بدن موجودات زنده سر و کار دارد. اما در دورهٔ کامبرین، شاخه‌ها و رده‌های جدیدی از موجودات زنده به ظهور رسیدند. امروزه، ما فقط با گونه‌های جدید روبه رو می‌شویم!»

داوکینز با اشاره به این که این نظریه ـ عدم وجود طرح‌های جدید برای بدن موجودات زنده ـ در چه مواردی پذیرفته می‌شود، چنین می‌گوید: «مثل این است که فلان باغبان نگاهی به درخت بلوط بیندازد و شگفت‌زده بگوید: آیا عجیب نیست که از سال‌ها پیش هیچ شاخهٔ اصلی تازه‌ای در این درخت سبز نشده است؟ این روزها هر آنچه روییدنی است از سطح شاخه‌های کوچک فراتر نمی‌رود.»

در اینجا فورتی می‌گوید: «روزگار غریبی بود، بویژه وقتی در نظر آوریم که این همه به چیزی مربوط می‌شد که پانصد میلیون سال پیش رخ داده بود، اما احساسات بالا گرفته بود، چاره‌ای نبود. من در یکی از کتاب‌هایم به شوخی گفتم احساس می‌کنم مجبورم پیش از آنکه چیزی دربارهٔ دورهٔ کامبرین بنویسم یک کلاه ایمنی روی سرم بگذارم، اما عملاً هم چنین احساسی داشتم.»

از همه عجیب‌تر پاسخ یکی از قهرمانان کتاب حیات شگفت‌انگیز یعنی

سایمن کانوی ماریس بود که در کتاب بوتهٔ آزمایش آفرینش (*The Crucible of Creation*) خود ناگهان به موضوع گولد پرداخته و موجب حیرت جامعهٔ دیرین‌شناسی شده بود. این کتاب به گفتهٔ فورتی، گولد را «به زبانی تحقیرآمیز و حتی نفرت‌آور» معرفی و بررسی کرده بود. فورتی بعدها نوشت: «در هیچ کتابی که توسط یک متخصص نوشته شده باشد هیچ‌گاه یک چنین بی‌حوصلگی دیده نشده است. خوانندهٔ غیرمتخصص کتاب بوتهٔ آزمایش آفرینش، اگر اطلاعی از تاریخ نداشته باشد، هیچ‌گاه حدس نمی‌زند که نظرات نویسنده، یک زمانی به نظرات گولد نزدیک (اگر نگوییم همانند) بوده است.»

وقتی در این مورد از فورتی جویا شدم در پاسخ گفت: راستش، خیلی عجیب و بسیار تکان دهنده بود، زیرا گولد چهره‌ای غلط‌انداز از او ترسیم کرده بود. فقط می‌توانم حدس بزنم که سایمن شرمندهٔ شده بود. هرچه باشد علم تغییر می‌کند اما کتاب‌ها همیشگی‌اند، و گمان می‌کنم او متأسف بود از اینکه این چنین برگشت‌ناپذیر با عقاید و نظراتی مرتبط شده که دیگر هیچ اعتقادی به آن‌ها نداشت. تنها عبارت نقل شده از او همان بود که زیر لب گفته بود گندش بزنند، باز هم به یک شاخهٔ جدید نرسیدم! و به گمانم متأسف بود که به دلیل بیان همان جمله مشهور شده بود.»

آنچه رخ داد بدین ترتیب بود که فسیل‌های کامبرین تدریجاً وارد یک دوره ارزیابی انتقادی مجدد شدند. فورتی و دِرِک بریگز ــ یکی دیگر از شخصیت‌های اصلی در کتاب گولد ــ از روش معروف به شاخه‌بندی یا هم‌نیایی (Cladistics) برای مقایسهٔ فسیل‌های گوناگون برگس استفاده می‌کردند. به زبان ساده، شاخه‌بندی به طبقه‌بندی یا سازمان‌دهی موجودات زنده بر اساس ویژگی‌های مشترک گفته می‌شود. به عنوان مثال، فورتی به مقایسهٔ یک موش پوزه دراز با یک فیل اشاره می‌کند. اگر جثهٔ بزرگ و خرطوم دراز فیل را در نظر بگیرید ممکن است به این نتیجه برسید که چنین جانوری نمی‌تواند وجوه اشتراک بسیاری با یک موش پوزه دراز کوچولو و فین فینی داشته باشد. اما اگر هر دوی آن‌ها را با یک مارمولک مقایسه کنید متوجه خواهید شد که فیل و موش پوزه دراز، از بسیاری جهات بر طبق یک طرح ساخته شده‌اند. در اصل، آنچه فورتی می‌گوید این است که گولد فیل‌ها و موش‌های پوزه دراز را در جایی می‌بیند که آن‌ها پستان‌داران را می‌دیدند. موجودات زندهٔ برگس به اعتقاد آن‌ها، آن‌چنان که در

آغاز به نظر می‌رسید، عجیب و متفاوت نبودند. در اینجا فورتی می‌گوید: «آن‌ها غالباً از تریلوبیت‌ها عجیب‌تر نبودند. موضوع آن است که گویا می‌بایست صد و اندی سال می‌گذشت تا ما به تریلوبیت‌ها خو می‌گرفتیم. می‌دانید که آشنایی، آشنایی می‌آورد.»

لازم است یادآور شوم که این بر اثر نامرتبی یا بی‌دقتی پیش نیامده بود. تفسیر شکل‌ها و ارتباط‌های بین جانوران روزگار باستان بر اساس مدارک غالباً تحریف شده و جسته گریخته، آشکارا عملی فریب کارانه است. ادوارد ا. ویلسُن متذکر شده است که اگر گونه‌های منتخبی از حشرات امروزی را بردارید و به عنوان فسیل‌هایی از نوع فسیل‌های برگس معرفی کنید هیچ کسی حتی حدس نخواهد زد که جملگی آن‌ها به یک شاخه تعلق دارند؛ هرچند طرح و نقش بدن‌شان بسیار متفاوت است. از دیگر عوامل مفید در تجدید نظرهای پیش گفته، کشف دو منطقهٔ متعلق به اوایل دورهٔ کامبرین، یکی در گرینلند و دیگری در چین، به اضافهٔ چندین کشف پراکندهٔ دیگر بود که بسیاری نمونه‌های اضافی و غالباً بهتر را نیز به دنبال آورد.

نتیجهٔ این همه آن است که معلوم شد فسیل‌های برگس اصولاً خیلی زیاد با یکدیگر فرق نداشته‌اند. معلوم شد که هالوسیگنیا به صورت سر و ته بازسازی شده بود. پاهای چوب مانند این موجود عملاً سنبله‌هایی در درازای پشت آن بوده‌اند. معلوم شد پیتویا، موجود عجیبی که به یک قاچ آناناس شباهت داشت، نه یک موجود متمایز بلکه جزیی از یک جانور بزرگتر به نام آنومالوکاریس (*Anomalocaris*) بوده است. امروزه بسیاری از نمونه‌های برگس به شاخه‌های زنده و موجود ـ درست در همان جایی که نخستین بار توسط ولکت برای‌شان در نظر گرفته شده بود ـ نسبت داده شده‌اند. چنین فرض می‌شود که هالوسیگنیا و چند موجود دیگر به گروهی از جانوران کرم مانند به نام اونیچوفرا (یا ناخن‌داران *Onychophora*) تعلق دارند. برخی دیگر به عنوان شکل‌های قدیمی کرم‌های حلقوی (annelids) امروزی طبقه‌بندی شده‌اند. فورتی می‌گوید: به عبارت دقیق‌تر «تعداد طرح‌ها و نقش‌های سراپا جدید متعلق به دورهٔ کامبرین، نسبتاً کم است. در اغلب موارد معلوم می‌شود که طرح‌ها و نقش‌های مذکور، شکل‌های ظریف‌تری از طرح‌های تثبیت شده هستند.» به گفتهٔ وی در کتاب حیات: «هیچ یک از آن‌ها به اندازهٔ بارناکل (barnacle) امروزی یا به اندازهٔ موریانهٔ ملکه عجیب و غریب نیستند.»

بنابراین، نمونه فسیل‌های شیل برگس آنقدرها هم که تصور می‌شد عجیب و غریب نبودند. همچنان که فورتی نوشته است، این وضع «چیزی از جذابیت یا بی‌مانندی آن‌ها نمی‌کاهد، بلکه آن‌ها را توجیه‌پذیرتر می‌کند.» طرح‌های عجیب و غریب بدن این جانوران، فقط از نوعی سر زندگی سال‌های جوانی حکایت داشتند ــ به قولی، همتای تکاملی موی سیخ سیخ و زایده‌های زبانی هستند. این شکل‌ها سرانجام در یک دورهٔ خشک و ثابت میانی، آرام می‌گیرند.

ولی پرسش همیشگی همچنان برجاست، و آن اینکه این همه جانور از کجا سرچشمه گرفتند و چگونه ناگهان از هیچ پدید آمدند؟

دریغ که معلوم شد انفجار کامبرین نیز احتمالاً آنقدرها شدید نبوده است. امروزه چنین تصور می‌شود که جانوران دورهٔ کامبرین جملگی باقی مانده بودند ولی تعدادشان به قدری اندک بود که دیده نمی‌شدند. این بار نیز تریلوبیت‌ها کلید معما را ــ به ویژه در قالب آن ظهور ظاهراً گیج کنندهٔ انواع گوناگون تریلوبیت در نقاط بسیار پراکندهٔ سراسر کرهٔ زمین و کم و بیش هم‌زمان ــ در اختیار دانشمندان قرار دادند.

در ظاهر امر، ظهور ناگهانی انبوهی از موجودات زندهٔ تماماً شکل یافته اما گوناگون موجب تقویت حالت اعجاب‌انگیز انفجار کامبرین می‌شود اما در واقعیت، برخلاف این عمل کرد. در اختیار داشتن یک موجود کاملاً شکل یافته مانند یک تریلوبیت و انفجار آن در حالت انزوا ــ که حقیقتاً از عجایب است ــ یک چیز است ولی در اختیار داشتن چندین تریلوبیت تماماً متمایز از یکدیگر و دارای روابط مشخص که در یک زمان در بایگانی فسیلی نقاط دور افتاده‌ای چون چین و نیویورک ظاهر می‌شوند، آشکارا بر این واقعیت دلالت دارند که بخش بزرگی از تاریخچهٔ آن‌ها از دست رفته است. هیچ مدرکی قوی‌تر از این نمی‌تواند وجود داشته باشد که این موجودات می‌بایست یک نیا ــ یا یک گونهٔ پدری که در دوره‌ای به‌مراتب پیشتر می‌زیست ــ داشته باشند.

امروزه تصور بر این است که علت یافت نشدن گونه‌های پیشین آن است که گونه‌های مذکور به قدری کوچک بوده‌اند که بقای‌شان را غیرممکن ساخته است. فورتی می‌گوید: «موجود زنده برای آنکه کامل و پیچیده باشد، حتماً نباید جثه‌ای بزرگ داشته باشد. دریاهای امروز جهان پر از بندپایانی هستند که هیچ‌گونه بایگانی فسیلی از خود برجا نگذاشته‌اند.» به عنوان مثال، او به پاروپاییان (Copepod)

کوچک اشاره می‌کند که تعدادشان در دریاهای امروزی به تریلیون‌ها می‌رسد و در گله‌هایی چنان بزرگ به سر می‌برند که هر جا ظاهر شوند سطح اقیانوس را تیره می‌کنند ولی با این حال، اطلاعات ما دربارهٔ آن‌ها بر نمونهٔ کوچکی متکی است که از داخل بدن یک ماهی فسیل شدهٔ باستانی به دست آمده است.

فورتی می‌گوید: «انفجار کامبرین، اگر حقیقتاً بتوان این اصطلاح را در توصیف آن به کار برد، به احتمال زیاد قبل از آنکه به معنی ظهور ناگهانی انواع طرح‌ها و نقش‌های بدن موجودات زنده تلقی شود نوعی افزایش و بزرگتر شدن ابعاد بدن این موجودات بوده است. چنین تحولی می‌توانسته است بسیار ناگهانی رخ داده باشد، و به همین دلیل است که من آن را یک انفجار می‌نامم.» می‌گویند درست همان گونه که پستانداران صد میلیون سال منتظر فرصت ماندند تا دایناسورها از عرصهٔ خاک ناپدید شوند و پس از آن در همه جای کرهٔ زمین پراکنده شدند، بندپایان و دیگر جانداران سه لایه نیز در حالت ناشناختگی نیمه میکروسکپی به سر بردند تا موجودات زندهٔ ادیاکاران بر عرصه غالب شدند. فورتی می‌گوید: «می‌دانیم که پستانداران به شکلی چشمگیر و ناگهانی پس از نابودی دایناسورها افزایش یافتند ـ هرچند، البته وقتی می‌گویم به شکلی چشمگیر و ناگهانی، مفهوم جغرافیایی این اصطلاح را در نظر دارم. هنوز هم از میلیون‌ها سال صحبت می‌کنیم.»

از قضای روزگار، رجینلد اسپریگ سرانجام صاحب مختصر اعتباری ناخواسته شد. یکی از جنس‌های اصلی و اولیهٔ موجودات زنده به افتخار وی اسپریگینا (Spriggina) نامیده شد، به اضافهٔ چندین گونهٔ دیگر، و کل مجموعه نیز باتوجه به نام تپه‌هایی که پژوهش‌های وی در میان آن‌ها انجام شده بود زیای ادیاکاران (Ediacaran Fauna) نام‌گذاری شد. اما روزگار اسپریگ در شکار انواع فسیل از سال‌ها پیش به سرآمده بود. او پس از ترک زمین‌شناسی، یک شرکت نفتیِ پر رونق دایر کرد و سرانجام بازنشسته شد و سال‌های باقی ماندهٔ عمرش را در ملک خصوصی و دوست داشتنی خود در رشته‌کوه فلیندرز سپری کرد و یک زیستگاه وحش در آن به وجود آورد. در سال ۱۹۹۴ در حالی چشم از جهان فروبست که ثروتی کلان به دست آورده بود.

# ۲۲ خدانگهدار ای حیات

وقتی موضوع را از دیدگاه یک انسان بررسی می‌کنیم، که بدون تردید غیر از این برای ما دشوار خواهد بود، حیات پدیده‌ای غیرعادی می‌شود. حیات نمی‌توانست به انتظار بنشیند تا روزی به حرکت درآید، و وقتی به حرکت درآمد به نظر می‌رسید که چندان شتابی برای ادامه دادن به راهش ندارد.

گُلسنگ (lichen) را در نظر بگیرید. گلسنگ‌ها تقریباً مقاوم‌ترین موجودات زندهٔ قابل مشاهده در کرهٔ زمین هستند ولی بلند پروازی‌شان از هر موجود زندهٔ دیگری کمتر است. اگر در محوطهٔ آفتاب‌گیر حیاط کلیسا باشند با شادی تمام رشد می‌کنند، ولی رشدشان مخصوصاً در جایی بیشتر می‌شود که هیچ موجود دیگری بدان راه نیابد ــ قلل بادگیر کوه‌ها و بیابان‌های شمالگان که چیزی جز سنگ و باد و باران در آن‌ها یافت نمی‌شود و تقریباً هیچ اثری از رقابت در آن دیده نمی‌شود. در مناطقی از جنوبگان که عملاً هیچ گیاه دیگری نمی‌روید، می‌توان پهنه‌های وسیعی را مشاهده کرد که در آن‌ها چهارصد نوع گلسنگ به سطح هر سنگ بادگیر چسبیده و آن‌ها را پوشانده‌اند.

قرن‌ها بود که انسان نمی‌توانست این معما را حل کند. چون گلسنگ‌ها بدون تغذیه‌ای آشکار یا تولد دانه بر روی سنگ‌ها می‌رویند، بسیاری از مردم ــ تحصیلکرده ــ آن‌ها را سنگ‌های گیر افتاده در فرآیند تبدیل شدن به گیاه می‌پنداشتند. دکتر هومز چرچ از مشاهده‌گران گلسنگ‌ها در سال ۱۸۱۹ گفت: «سنگ معدنی در یک آن به گیاه زنده تبدیل می‌شود!»

مشاهدهٔ گلسنگ‌ها از نزدیک نشان داد که این گیاهان بیش از آنکه جادویی

به نظر برسند جالب توجه‌اند. آن‌ها عملاً تلفیقی از قارچ و جلبک هستند. قارچ‌ها اسیدهایی از خود تولید می‌کنند که سطح سنگ را در خود حل می‌کند، و موجب آزاد شدن کانی‌هایی می‌شود که به وسیلهٔ جلبک‌ها به غذای لازم برای ادامهٔ حیات هر دو تبدیل می‌شود. این همزیستی، خیلی هیجان‌انگیز نیست ولی آشکارا موفق و نتیجه بخش است. در جهان بیش از بیست هزار گونه گلسنگ وجود دارد.

گلسنگ‌ها مانند بسیاری گیاهان دیگر که در محیط‌های خشن می‌بالند، به کُندی رشد می‌کنند. هر گلسنگ برای آنکه به اندازهٔ یک دکمهٔ پیراهن بزرگ شود به بیش از پنجاه سال زمان نیاز دارد. دیوید اتنبره می‌نویسد: بنابراین گلسنگ‌هایی که ابعادشان به اندازهٔ بشقاب غذاخوری بزرگ شده است، «احتمالاً اگر نگوییم هزاران سال، حتماً صدها سال عمر کرده‌اند.» تصور هستی با دستاوردی فروتر از این دشوار است. اتنبره می‌افزاید: «گلسنگ‌ها صرفاً وجود دارند، و این گواهی بر این حقیقت تکان‌دهنده است که حیات، حتی در ساده‌ترین سطح خویش، ظاهراً محض خاطر خود نیز که شده، وجود دارد.»

نادیده گرفتن این اندیشه که می‌گوید حیات صرفاً وجود دارد آسان است. ما در مقام انسان، غالباً مایلیم چنین احساس کنیم که حیات می‌بایست هدفی داشته باشد. هر یک از ما برای خود نقشه‌ها و برنامه‌ها و آرزوهایی داریم. می‌خواهیم دایماً از کل هستی سرمستی‌آوری که در اختیارمان قرار گرفته است به بهترین شکل بهره‌مند شویم. اما راستی، حیات برای یک گلسنگ چیست؟ با این حال، انگیزش درونی آن برای زیستن و بودن، ذره‌ای از انگیزش درونی ما ضعیف‌تر نیست ـ منطقاً قوی‌تر نیز است. اگر به من گفته می‌شد که مجبورم چند دهه از عمرم را در قالب گیاهی روییده بر سنگ بگذرانم، به گمانم ارادهٔ ادامهٔ زندگی را از دست می‌دادم. گلسنگ‌ها این اراده را از دست نمی‌دهند. آن‌ها عملاً مانند تمام موجودات زنده از هر سختی عذاب می‌کشند و هر توهینی را تحمل می‌کنند تا یک لحظه بیشتر زندگی کنند. حیات در یک کلام، می‌خواهد وجود داشته باشد. اما ـ و نکتهٔ جالب همین‌جا است ـ در اغلب موارد نمی‌خواهد خیلی زیاد وجود داشته باشد.

شاید این نکته اندکی عجیب به نظر آید، زیرا حیات از مهلتی بس طولانی برای پرورش انواع بلند پروازی‌ها برخوردار بوده است. اگر تصور کنید که تاریخ

۴/۵ میلیارد سالهٔ کرهٔ زمین در قالب یک روز عادی به صورت فشرده درآورده شده است، در آن صورت حیات خیلی زود یعنی در حدود ساعت ۴ بامداد و با پیدایش نخستین موجودات زندهٔ ساده و تک سلولی آغاز می‌شود اما در طی شانزده ساعت بعدی هیچ گامی به جلو بر نمی‌دارد. تا پیش از ساعت ۸:۳۰ بعد از ظهر یعنی پس از سپری شدن پنج ششم روز، کرهٔ زمین چیزی جز یک پوستهٔ بی‌قرار پوشیده از میکروب‌ها برای نشان دادن به کائنات ندارد. آنگاه، سرانجام نخستین گیاهان دریایی سر برمی‌آورند و بیست دقیقهٔ بعد نخستین ماهیان ژلاتینی و زیای اسرارآمیز ادیاکاران ظاهر می‌شوند که نخستین‌بار توسط رجینلد اسپریگ در استرالیا مشاهده شدند. در ساعت ۹:۰۴ بعدازظهر، تریلوبیت‌ها شنا کنان وارد صحنه می‌شوند، و کم و بیش بلافاصله پس از آن‌ها موجودات شکل یافتهٔ شیل برگس از راه می‌رسند. لحظاتی پیش از ساعت ۱۰ شب، گیاهان آرام آرام جوانه می‌زنند و سر بر می‌کشند. به فاصلهٔ کمی پس از آن و کمتر از دو ساعت مانده به پایان روز، نخستین موجودات خشکی‌زی پدید می‌آیند.

در پرتو ده و اندی دقیقه هوای لطیف، کرهٔ زمین در ساعت ۱۰:۲۴ شب در پوششی از جنگل‌های بزرگ کربونیفر قرار می‌گیرد که همهٔ زغال سنگ امروزی زمین از پسماندهای آن است، و نخستین پرندگان بالدار ظاهر می‌شوند. دایناسورها درست چند لحظه پیش از ساعت ۱۱ شب، تالاپی وارد میدان می‌شوند و نزدیک به ۴۵ دقیقه میدان‌داری می‌کنند. بیست و یک دقیقه مانده به نیمه شب، دایناسورها نابود می‌شوند و عصر پستانداران از راه می‌رسد. انسان‌ها یک دقیقه و هفده ثانیه مانده به نیمه شب ظاهر می‌شوند. کل تاریخ مدون بشر در این مقیاس، چیزی بیش از چند ثانیه نمی‌شود و دورهٔ حیات یک انسان تنها شاید از یک لحظه فراتر نرود. در سراسر این روز شدیداً شتاب گرفته، قاره‌ها به این طرف و آن طرف می‌لغزند و با چنان سرعتی به یکدیگر کوبیده می‌شوند که قطعاً از بی‌مهابایی آن‌ها حکایت دارد. کوه‌ها اوج می‌گیرند و همچون یخ آب می‌شوند، بسترهای اقیانوس‌ها شکل می‌گیرند و دگرگون می‌شوند، صفحات یخ پیش می‌روند و پس می‌نشینند. و در سراسر این مدت، تقریباً سه بار در هر دقیقه، در نقطه‌ای از کرهٔ زمین برقی ظاهر می‌شود که از اصابت شهابی به اندازهٔ شهاب سنگ مانسن یا حتی بزرگتر از آن خبر می‌دهد. جای شگفتی است که در محیطی

چنین ضربه‌پذیر و بی‌قرار، اصولاً چیزی بتواند به هستی خود ادامه دهد.

شاید یک راه مؤثرتر برای درک از راه رسیدگی ما در همین آخرین لحظه‌های تصویر متشکل از تاریخ ۴/۵ میلیارد ساله آن باشد که هر دو بازوی‌تان را کاملاً باز کنید و پهنای حاصل را کل تاریخ کرهٔ زمین به شمار آورید. در این مقیاس به گفتهٔ مک فی در کتاب حوزهٔ آبگیر و مرتع (*Basin and Range*)، فاصلهٔ بین نوک انگشتان یک دست تا مچ دست بعدی دورهٔ کامبرین است. کل حیات پیچیده، در یک دست قرار می‌گیرد، «و اگر ضربه‌ای با یک سوهان ناخن به اندازهٔ متوسط به آن بزنید می‌توانید کل تاریخ بشر را نابود کنید.»

خوشبختانه آن لحظه فرا نرسیده است، اما احتمال بسیار زیاد وجود دارد که فرابرسد. نمی‌خواهم در این نقطه مطلبی ناگوار بر آنچه می‌گویم بیفزایم، ولی حقیقت آن است که یک خصوصیت بی‌نهایت محتمل دیگر برای حیات در کرهٔ زمین وجود دارد: حیات زوال می‌یابد و خاموش می‌شود. این کار با نظم بسیار انجام می‌شود. گونه‌های زنده با تمام زحمتی که برای گرد هم آمدن و محافظت از خود می‌کشند، مرتباً از پا در می‌آیند و می‌میرند. و هر قدر بر پیچیدگی گونه‌ها افزوده شود نابودی‌شان سریع‌تر رخ می‌دهد. شاید به همین دلیل باشد که بخش بزرگی از حیات موجود آن قدرها بلند پرواز نشده است.

بنابراین، هر بار که عملی جسورانه از حیات سر می‌زند، فقط یک حادثه است، و در روایت ما نیز برخی موارد در مقایسه با زمانی که حیات به مرحلهٔ بعدی گام نهاد و از دریا خارج شد پر حادثه‌تر بودند.

خشکی، محیطی هولناک بود: داغ، خشک، غرق در تشعشعات شدید ماورای بنفش، و فاقد آن حالت شناوری موجود در آب که نیازی به تلاش اضافی برای حرکت در آن نیست. موجودات برای آنکه بتوانند در خشکی زندگی کنند، مجبور بودند در استخوان بندی‌های خود تجدید نظر اساسی کنند. اگر ماهی را از دو سرش با دست بگیرید، بدنش روبه پایین خم بر می‌دارد یعنی ستون مهره‌اش به قدری ضعیف است که نمی‌تواند آن را نگهدارد. موجودات دریایی برای آنکه در خارج از آب به زندگی خود ادامه دهند مجبورند دارای استخوان‌بندی درونی

جدیدی شوند که قوی و بارپذیر است ــ این کار را با یک تغییر و اصلاح یک شبه نمی‌توان انجام داد. مخصوصاً و آشکارتر از همه اینکه هر موجود خشکی‌زی مجبور بود اکسیژن مورد نیاز خود را مستقیماً از هوا بگیرد نه آنکه پس از تصفیهٔ آب به آن برسد. این گونه تغییرات به هیچ وجه در ردیف چالش‌های جزیی نبودند. از طرف دیگر، انگیزه‌ای قوی برای خارج شدن از آب وجود داشت: محیط درون دریاها روز به روز خطرناک‌تر می‌شد. به هم پیوستن قاره‌ها و پیدایش یک گسترهٔ خاکی واحد به نام پانگایا بدان معنی بود که از طول خطوط ساحلی موجود و زیستبوم‌های ساحلی، بیش از پیش کاسته می‌شود. به همین دلیل، رقابتی سرسختانه آغاز شد. همچنین، نوع جدیدی از جانور شکارگر همه‌چیزخوار و نگران کننده وارد صحنه شد. این جانور چنان خوب برای حمله به جانوران دیگر طراحی شده بود که در طی اعصار طولانی پس از ظهورش تاکنون تغییر چندانی در آن ایجاد نشده است: کوسه. زمان برای پیدا کردن محیطی دیگر به جای آب، هیچ‌گاه مساعدتر از آن نمی‌شود.

گیاهان فرآیند سکونت در خشکی را نزدیک به ۴۵۰ میلیون سال پیش از این آغاز کردند، که ضرورتاً برخی کنه‌های ریز و دیگر موجودات مورد نیاز برای تجزیهٔ مادهٔ آلی مرده و بازیافت آن از سوی گیاهان نیز آن‌ها را همراهی می‌کردند. ظهور جانوران بزرگتر اندکی دیرتر انجام گرفت، اما در حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش، آن‌ها نیز یکی یکی از آب خارج شدند. تصویرهای عامیانه‌ای که از این واقعه کشیده شده است ما را ترغیب می‌کند تا نخستین ساکنان جسور زمین را نوعی ماهی بلندپرواز ــ چیزی مانند جانور گِل‌زی امروزی که به هنگام خشک سالی می‌تواند از یک چالهٔ آب باران به چاله‌ای دیگر بپرد ــ یا حتی یک دوزیست تماماً شکل یافته مجسم کنیم. به عبارت دقیق‌تر، نخستین ساکنان متحرک و مریی در زمین‌های خشک، به احتمال زیاد به خرخاکی امروزی شباهت داشتند، که گاهی شپشهٔ چوب یا شپشهٔ خاکه چوب نیز نامیده می‌شوند. اینها همان حشراتی (در اصل سخت پوستانی) هستند که به محض از جا بلند کردن یک تکه سنگ یا کندهٔ درخت، معمولاً ولوله‌ای در میان‌شان برپا می‌شود.

برای جاندارانی که تنفس اکسیژن را یاد گرفتند، روزگاری خوش در پیش بود. سطوح اکسیژن در دو دورهٔ دوونین و کربونیفر، که زندگی در خشکی نخستین

بار در آن به شکوفایی رسید، تا حدود ۳۵ درصد (در مقایسه با حدود ۲۰ درصد امروزی) می‌رسید. این مقدار اکسیژن امکان رشد سریع و بزرگتر شدن جانوران را فراهم می‌ساخت.

در اینجا می‌توان منطقاً پرسید راستی دانشمندان چگونه می‌توانند سطوح اکسیژن را در صدها میلیون سال پیش از این تعیین کنند؟ پاسخ این پرسش در رشتهٔ نسبتاً ناشناخته اما بکری به نام ژئوشیمی ایزوتوپی داده شده است. دریاهای قدیمی دوره‌های کربونیفر و دوونین مملو از موجوداتی ریز به نام پلانکتون در داخل صدف‌های محافظ بودند. آن زمان نیز مانند امروز، پلانکتون‌ها صدف‌شان را با گرفتن اکسیژن از اتمسفر و ترکیب آن با عناصر دیگر (بویژه با کربن) و تشکیل ترکیباتی ماندگار چون کربنات کلسیم می‌ساختند. این همان حقهٔ شیمیایی است که ادامه دارد و در جایی دیگر در ارتباط با چرخهٔ بلند مدت کربن مورد بحث قرار می‌گیرد ـ فرآیندی که تشریح‌اش چندان جذاب نیست ولی برای آفرینش سیاره‌ای قابل زیست ضرورت حیاتی دارد.

در این فرآیند، سرانجام تمام موجودات زنده می‌میرند و به قعر دریا کشانده می‌شوند و در آنجا برهم فشرده می‌شوند و به صورت سنگ آهک در می‌آیند. در میان ساختارهای خُرد اتمی، پلانکتون‌ها دو ایزوتوپ بسیار پایدار ـ اکسیژن ۱۶ و اکسیژن ۱۸ ـ را با خود به گور می‌برند. (اگر درست به خاطر نمی‌آورید که منظور از ایزوتوپ چیست، اشکالی ندارد، ولی محض ثبت در حافظه، به هر اتم که تعداد نوترون‌هایش نابهنجار باشد ایزوتوپ گفته می‌شود.) در این‌جا است که ژئوشیمی‌دان‌ها وارد میدان می‌شوند، زیرا ایزوتوپ‌ها برحسب اینکه در زمان آفرینش‌شان چه مقدار اکسیژن یا دی‌اکسید کربن در اتمسفر وجود دارد، با سرعت‌های متفاوت انباشته می‌شوند. ژئوشیمی‌دان‌ها با مقایسهٔ این نسبت‌های باستانی، می‌توانند وضعیت دوره‌های گذشته ـ سطوح اکسیژن، دمای هوا و اقیانوس، گستردگی و زمان‌بندی عصرهای یخ، و بسیاری چیزهای دیگر ـ را زیرکانه تشخیص دهند. دانشمندان با تلفیق یافته‌های ایزوتوپی و دیگر پسماندهای فسیلی ـ سطوح گرده و مانند اینها ـ می‌توانند منظره‌های کاملی را چنان دقیق باز آفرینی کنند که به چشم هیچ انسانی دیده نشده‌اند.

علت اصلی اینکه سطوح اکسیژن توانست با چنان قدرتی در سراسر دورهٔ

اولیهٔ حیات در خشکی افزایش پیدا کند آن بود که بخش بزرگی از چشم‌انداز طبیعی جهان در سیطرهٔ سرخس‌های غول آسای درختی و باتلاق‌هایی پهناور قرار داشت که به دلیل باتلاقی بودن‌شان موجب از هم گسیختن فرآیند عادی بازیافت کربن می‌شدند. ساقه‌های برگی پس از سقوط بر زمین به اضافهٔ دیگر مواد مردهٔ گیاهی، به وفور در رسوبات آب‌دار برهم انباشته و سرانجام برهم فشرده می‌شدند و بسترهای پهناور زغال سنگی را تشکیل می‌دادند که حتی امروز موجب استمرار یک فعالیت اقتصادی است.

سطوح سرگیجه‌آور اکسیژن، آشکارا موجب رشد و بزرگتر شدن موجودات زنده می‌شد. قدیمی‌ترین نشانه‌های یک جانور خشکی‌زی که تاکنون یافت شده، رد پای جانوران هزار پا مانند از ۳۵۰ میلیون سال پیش از این است که بر روی تخته سنگی در اسکاتلند یافت شده است. طول این جانور بیش از سه فوت بوده است. پیش از آنکه این دوره به پایان برسد، طول برخی از هزارپایان به بیش از دو برابر این یکی رسیده بود.

در روزگاری که همهٔ جانوران در صدد دریدن و بلعیدن یکدیگر بودند، شاید در شگفت نشوید اگر بشنوید که حشرات آن دوره نیز برای خودشان حقه‌ای سوار کردند تا از شلیک زبان‌های دراز شکارچی‌ها در امان بمانند: پرواز کردن آموختند.

برخی از پرندگان با چنان سهولت اسرارآمیزی با این ابزار جدید جابه‌جایی خو گرفتند که از آن روزگار تاکنون تغییری در شیوه‌های پرواز خود ایجاد نکرده‌اند. سنجاقک، آن روز هم مانند امروز می‌توانست با سرعتی معادلی سی و پنج مایل در ساعت به گشت‌زنی در هوا بپردازد، ناگهان بایستد، درجا بال بزند، به عقب پرواز کند و به‌مراتب متناسب‌تر از هر دستگاه پرندهٔ ساخت بشر به بالا اوج بگیرد. یک مفسر در این باره نوشته است: «نیروی هوایی آمریکا، سنجاقک‌ها را در داخل تونل‌های باد قرار داده است تا ببیند در آنجا چگونه پرواز می‌کنند، اما پاسخی نومید کننده گرفته است.» این جانوران نیز در هوای سرشار از اکسیژن شکوفا شدند. جثه سنجاقک‌ها در جنگل‌های دورهٔ کربونیفر تا حد جثهٔ کلاغ سیاه رشد می‌کرد. رشد درخت‌ها و گیاهان نیز در مقایسه با نسبت‌های امروزی، بسی فراتر می‌رفت. ارتفاع دم اسبیان و سرخس‌های درختی، گاهی تا پنجاه فوت و پنجه گرگیان به صد و سی فوت می‌رسید.

نخستین مهره‌داران خشکی زی ـ یعنی نخستین جانوران خاکی که انسان از آن‌ها منشعب شده است ـ در پرده‌ای از اسرار پیچیده‌اند. علت، تا حدودی به کمبود فسیل‌های مربوط به این جانوران باز می‌گردد، اما بخشی نیز به یک سوئدی نامتعارف به نام اریک یارویک (Erik Jarvik) مربوط می‌شود که تفسیرهای کهنه گرایانه و روش پنهان کارانه‌اش باعث بروز تأخیری تقریباً پنجاه ساله در پیشرفت این موضوع شد. یارویک عضوی از گروه دانشمندان اسکاندیناویایی بود که در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ در جستجوی ماهیان فسیل شده عازم گرینلند شدند. آن‌ها مخصوصاً به دنبال زیر-رده‌ای از ماهیان استخوانی به نام مچ‌بالگان (lobe-finned) می‌گشتند که گفته می‌شود نیای ما انسان‌ها و تمام موجودات زندهٔ راه رونده و معروف به چهارپایان (tetrapods) بوده‌اند.

بیشتر جانوران چهارپا هستند، و تمام چهارپایان زنده نیز یک وجه مشترک دارند: چهار عضو حرکتی که به حداکثر پنج انگشت یا پنجه ختم می‌شوند. دایناسورها، وال‌ها، پرندگان، انسان‌ها، حتی ماهیان ـ جملگی از چهار پایان هستند، که آشکارا نشان می‌دهد از یک نیای مشترک جدا شده‌اند. دانشمندان یاد شده فرض را بر این گذاردند که رمز دستیابی به این نیای مشترک در دورهٔ دوونین یعنی در حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش از این به دست می‌آید. پیش از آن تاریخ، هیچ موجود زنده‌ای بر روی کرهٔ زمین راه نمی‌رفته است. اما پس از آن تاریخ، موجودات زندهٔ بسیاری در زمین به راه افتادند. خوشبختانه، گروه مذکور درست به یک چنین موجودی دست یافت که سه فوت طول داشت و ایکتیوستگا (*Ichthyostega*) نامیده می‌شد. آزمایش فسیل جانور بر عهدهٔ یارویک قرار گرفت، که او نیز مطالعاتش را در سال ۱۹۴۹ آغاز کرد و تا چهل و هشت سال بعد ادامه داد. متأسفانه یارویک به هیچ کس اجازهٔ مطالعهٔ این موجود چهارپا را نمی‌داد. دیرین‌شناسان جهان چاره‌ای جز دل خوش کردن به دو گزارش میانکار ناقص نداشتند. یارویک در این گزارش‌ها گفته بود که این جانور در انتهای هر یک از چهار عضو حرکتی‌اش پنج انگشت دارد، که این تأییدی بر اهمیت اجدادی آن برای ما بود.

یارویک در سال ۱۹۹۸ چشم از جهان فروبست. پس از مرگ او، چند دیرین‌شناس دیگر مشتاقانه به بررسی نمونهٔ مذکور ادامه دادند و به این نتیجه رسیدند که یارویک در شمارش انگشت‌ها و پنجه‌ها شدیداً مرتکب اشتباه شده

بود ــ هر عضو حرکتی آن جانور، عملاً هشت انگشت داشت ــ و نتوانسته بود به این واقعیت پی ببرد که این ماهی نمی‌توانسته است احتمالاً راه برود. ساختمان باله‌های جانور طوری بود که اگر بدن جانور روی آن‌ها قرار می‌گرفت بر اثر سنگینی خودش سقوط می‌کرد. نیازی به گفتن ندارد که تحقیق مزبور کمک چندانی به پیشرفت دانش ما دربارهٔ نخستین جانوران خشکی‌زی نکرد. امروزه سه چهارپای آغازین شناخته شده‌اند که هیچ کدام پنج انگشت ندارد. خلاصهٔ کلام آنکه ما هنوز به درستی نمی‌دانیم که از کجا آمده‌ایم.

ما گرچه پای به عرصهٔ خاک نهادیم، اما رسیدن به وضعیت کنونی همواره به سادگی تحقق نیافته است. حیات از زمانی که در خشکی آغاز شد، به گفتهٔ برخی دانشمندان، شامل چهار کلان سلسله بوده است. سلسلهٔ نخست شامل دوزیستان و خزندگان آغازین، خسته کننده و گاه نسبتاً تنومند می‌شد. شناخته شده‌ترین جانور این عصر، دیمترودون (Dimetrodon) نام داشت که جانوری پشت پرده‌دار بود و غالباً با دایناسورها (بویژه در شرح عکسی که من در کتاب شهاب سنگ اثر کارل ساگان دیدم) اشتباه گرفته می‌شود. دیمترودون، در اصل یک جانور سیناپسی بود. ما نیز روزگاری سیناپسی (synapsid) بوده‌ایم. جانوران سیناپسی، یکی از چهار تقسیم‌بندی اصلی در میان خزندگان بودند و سه گروه دیگر عبارت بوده‌اند از آناپسیدها (Anapsids)، یوریاپسیدها (Euryapsids)، و دیاپسیدها (Diapsids). این اسامی، فقط برای نشان دادن تعداد و محل حفره‌های کوچکی که در طرفین جمجمه‌های جانوران مربوط یافت می‌شد برای آن‌ها انتخاب شده‌اند. سیناپسیدها یک سوراخ و دیاپسیدها دو سوراخ در پایین گیجگاه و یوریاپسیدها یک سوراخ تنها در بالای گیجگاه‌شان داشتند.

با گذشت زمان، تک تک این تقسیم بندی‌های اصلی به گروه‌های کوچکتر تقسیم شدند، که برخی به راه‌شان ادامه دادند اما برخی به تردید گرفتار شدند. آناپسیدها موجب پیدایش لاک‌پشت‌ها شدند، که تا مدتی (شاید هم اندکی باور نکردنی باشد)، ظاهراً برای غلبه بر کرهٔ زمین به عنوان پیشرفته‌ترین و کشنده‌ترین گونهٔ جانوری، اعلام آمادگی کردند تا آنکه یک چرخش در تکامل‌شان آن‌ها را به جای سیطره بر کرهٔ زمین به سوی عمر دراز هدایت کرد. سیناپسیدها به چهار گروه تقسیم شدند، که فقط یکی از آن‌ها توانست دورهٔ پرمین را پشت سر بگذارد.

خوشبختانه این همان گروهی بود که ما نیز بدان تعلق داریم، که بعدها به صورت تیرهٔ پستانداران نخستین معروف به تراپسیدها درآمدند. این جانوران، کلان سلسلهٔ دوم را به وجود آوردند.

از بخت بد تراپسیدها، عموزاده‌های‌شان یعنی دیاپسیدها نیز با تولید مثلی قوی به پیش تاختند و در این مورد (از جمله) به دایناسورها تبدیل شدند، که تدریجاً معلوم شد برای تراپسیدها غیر قابل تحمل است.

تراپسیدها که قدرت شاخ به شاخ شدن با این موجودات مهاجم جدید را نداشتند، بر روی هم از صفحهٔ روزگار محو شدند. اما تعداد انگشت شماری از آن‌ها در قالب موجوداتی کوچک، پشمالو و نقب زن ظاهر شدند و مدت زمانی بس طولانی به شکل پستانداران کوچک به حیات خود ادامه دادند. جثهٔ بزرگترین پستاندار از این میان، از جثهٔ گربهٔ خانگی بزرگتر نشد و اغلب آن‌ها جثه‌ای کوچکتر از موش داشتند. سرانجام، همین موجب نجات‌شان شد، ولی مجبور بودند ۱۵۰ میلیون سال انتظار بکشند تا عمر کلان سلسلهٔ سوم یا عصر دایناسورها ناگهان به پایان برسد و راه را برای کلان سلسلهٔ چهارم و عصر خود ما یا عصر پستانداران باز کند.

هر یک از این دگرگونی‌های غول‌آسا به اضافهٔ بسیاری تغییر شکل‌های کوچک‌تر در حد فاصل آن‌ها و از آن زمان به بعد، به همان موتور فوق‌العاده مهم پیشرفت یعنی انقراض بستگی داشتند. واقعیت شگفت‌آور آن است که در کرهٔ زمین، مرگ گونه‌های جانوری، به معنی اخص کلمه، یک طریقهٔ زندگی است. هیچ کس به درستی نمی‌داند که از پیدایش حیات تاکنون چند گونهٔ جانوری در زمین وجود داشته و زیسته‌اند. رقم ۳۰ میلیارد چیزی است که غالباً به گوش می‌رسد اما گاهی این رقم را در حد ۴۰ میلیارد نیز دانسته‌اند. رقم نهایی هرچه باشد ۹۹/۹۹ درصد تمام گونه‌هایی که تاکنون در کرهٔ زمین به ظهور رسیده و زندگی کرده‌اند اکنون در کنار ما نیستند. دیوید راوپ استاد دانشگاه شیکاگو دوست دارد بگوید: «در نخستین تخمین، همهٔ گونه‌ها زوال یافته‌اند.» برای موجودات پیچیده، متوسط طول عمر هر گونه فقط در حدود چهار میلیون سال است ـ یعنی تقریباً همین نقطه‌ای که ما اکنون در آن قرار گرفته‌ایم.

البته انقراض همیشه برای موجوداتی که منقرض می‌شوند ناگوار است، اما

برای یک سیارهٔ پویا و متحول خوشایند و مفید به نظر می‌رسد. یان تترستال از موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا می‌گوید: «پدیدهٔ جایگزین انقراض، رکود نام دارد و رکود نیز در هر عرصه‌ای، ندرتاً ممکن است خوب تلقی شود.» (شاید یادآوری این نکته بجا باشد که در اینجا ما از انقراض به شکل فرآیندی طبیعی و بلندمدت سخن می‌گوییم. انقراض ناشی از بی‌دقتی و بی‌مبالاتی انسان‌ها بر روی هم موضوعی دیگر است.)

بحران‌های پیش آمده در تاریخ کرهٔ زمین همواره با جهش‌هایی چشمگیر به دنبال آن‌ها ارتباط پیدا می‌کنند. به دنبال سقوط زیای ادیاکاران، انفجار خلاقانهٔ دورهٔ کامبرین از راه رسید. انقراض اوردوویسین در ۴۴۰ میلیون سال پیش از این، اقیانوس‌ها را از انبوه بی‌پایان تغذیه کنندگان بی‌حرکت و فیلتری پاک کرد و به نحوی از انحا، شرایطی فراهم آورد که برای ماهی جهنده (darting fish) و خزندگان غول‌آسای آبزی مناسب بود. این جانوران نیز به نوبهٔ خود در وضعیتی مطلوب برای فرستادن گروه‌های جدید به زمین‌های خشک بودند که انفجاری دیگر در اواخر دورهٔ دوونین، تکان عمیق دیگری به حیات وارد کرد. این وضع با وقفه‌های پراکنده، در سراسر تاریخ زمین ادامه داشته است. اگر بیشتر این حادثه‌ها در همان زمان و به همان شکلی که پیش آمدند رخ نداده بودند، بدون تردید امروز اثری از ما در این سیاره دیده نمی‌شد.

کرهٔ زمین در طول عمر خود شاهد پنج حادثهٔ بزرگ همراه با انقراض ــ اردوویسین، دوونین، پرمین، تریاسیک، و کرتاسه، به همین ترتیب که گفتیم ــ و چندین حادثهٔ کوچکتر بوده است. انفجار اوردوویسین (۴۴۰ میلیون سال پیش) و انفجار دوونین (۳۶۵ میلیون سال پیش)، هر کدام چیزی در حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد از گونه‌های زیستی موجود را نابود کردند. انفجار تریاسیک (۲۱۰ میلیون سال پیش) و انفجار کرتاسه (۶۵ میلیون سال پیش) نیز هر کدام ۷۰ تا ۷۵ درصد گونه‌های زیستی را از میان بردند. اما هیولای ویرانگر اصلی، انقراض دورهٔ پرمین در حدود ۲۴۵ میلیون سال پیش از این از راه رسید و به عصر دایناسورها پایان داد. در دورهٔ پرمین، دست کم ۹۵ درصد جانوران شناخته شده به‌کمک بایگانی

فسیلی، از صفحهٔ روزگار خارج شدند و هیچ‌گاه به آن بازنگشتند. حتی در حدود یک سوم گونه‌های حشرات نابود شدند ــ و این تنها موردی بود که در آن حشرات با یک چنان دامنه‌ای از دست رفتند. در این حادثه، کرهٔ زمین بیش از دیگر حوادث پیشین به مرز انهدام کامل نزدیک شد.

ریچارد فورتی می‌گوید: «این، عملاً یک انهدام گسترده و قتل عامی چنان بزرگ بود که سابقاً هیچ‌گاه کرهٔ زمین را تا این اندازه به دردسر نینداخته بود.» حادثهٔ دورهٔ پرمین، بویژه موجودات دریایی را یکسره نابود کرد. تریلوبیت‌ها تماماً نابود شدند. صدف خوراکی و توتیای دریایی، به مرز انهدام رسیدند. عملاً به تمام دیگر موجودات دریایی نیز ضربه‌ای شدید وارد آمد. گفته می‌شود که کرهٔ زمین چه در خشکی چه در دریاها، ۵۲ درصد تیره‌های جانوری ــ یعنی ردهٔ بالاتر از جنس و پایین‌تر از راسته در مقیاس عظیم حیات (موضوع فصل بعد در همین کتاب) ــ و شاید چیزی در حدود ۹۵ درصد تمام گونه‌های زیستی خود را از دست داد. مدت‌های بس طولانی می‌بایست سپری می‌شد ــ بنابر یک تخمین، نزدیک به ۸۰ میلیون سال ــ تا تمام گونه‌ها به جای خود بازگردند.

در اینجا باید دو نکته را در نظر داشت. نخست آنکه موارد فوق فقط حدس‌هایی آگاهانه هستند. تخمین‌های انجام شده در مورد تعداد گونه‌های زنده ماندهٔ جانوران در پایان دورهٔ پرمین از رقم کوچک ۴۵,۰۰۰ تا رقم بزرگ ۲۴۰,۰۰۰ هزار متغیر است. اگر تعداد گونه‌های زنده مانده را ندانیم تعیین دقیق نسبت گونه‌های هلاک شده برایمان دشوار خواهد بود. گذشته از این، در اینجا ما از مرگ گونه‌ها سخن می‌گوییم نه تک تک موجودات زندهٔ آن روزگار. آمار تلفات تک تک موجوات زنده می‌تواند خیلی بیش از اینها باشد ــ در برخی موارد، عملاً کل آن‌ها را دربر می‌گیرد. گونه‌هایی که باقی ماندند و به مرحلهٔ بعدی در بخت آزمایی حیات گام نهادند، هستی خود را تقریباً بدون هیچ تردیدی به چند موجود باقی ماندهٔ زخمی با پای لنگان مدیون هستند.

در حد فاصل بین انقراض‌های بزرگ، چندین انقراض کوچک نیز رخ داده است که خیلی شناخته شده نیستند ــ مانند همفیلین، فراسنین، فامنین، رانچولابرین، و ده دوازده‌تای دیگر ــ و به آن اندازه موجب انهدام گونه‌های زیستی نشدند، اما در اغلب موارد به جمعیت‌های خاصی از موجودات زنده

ضربه وارد آوردند. جانوران چرنده، از جمله اسب‌ها، در حادثه همفیلین تقریباً در حدود پنج میلیون سال پیش به کلی نابود شدند. اسب به یک گونه کاهش یافت، و به همین دلیل در بایگانی فسیلی نیز چنین پراکنده ظاهر می‌شود و حکایت از آن دارد که اسب تا مدت‌ها در مرز انهدام کامل، با پای لرزان گام بر می‌داشته است. حال تصور کنید تاریخ بشر بدون وجود اسب و جانوران چرنده چه صورتی پیدا می‌کرد.

تقریباً در تک تک انقراض‌های بزرگ و کوچک، بشر تصور اندکی از علت حادثه دارد. حتی پس از زدوده شدن تصورات باطل، تعداد نظریه‌های مطرح شده در مورد علت حادثه‌های منجر به انقراض از تعداد خود آن حادثه‌ها بیشتر است. دست کم بیست و چهار مجرم بالقوه به عنوان یک شریک جرم اصلی شناسایی شده‌اند: گرم شدن کرهٔ زمین، سرد شدن کرهٔ زمین، تغییرات در سطح آب دریاها، کاهش مقدار اکسیژن دریاها (که اصطلاحاً کم اکسیژنی یا anoxia نامیده می‌شود)، بیماری‌های همه‌گیر، نشت گستردهٔ گاز متان از بستر دریا، اصابت شهاب‌ها و ستاره‌های دنباله‌دار، توفندهای مهار نشدنی از نوع معروف به هیپرکین (hypercane)، فوران‌های عظیم آتشفشانی، شراره‌های فاجعه‌آمیز خورشیدی.

این علت اخیر، یک احتمال مخصوصاً خیره کننده به شمار می‌رود. هیچ کس نمی‌داند ابعاد شراره‌های خورشیدی تا چه حدی ممکن است گسترش پیدا کند زیرا بشر فقط از آغاز عصر فضا به بعد است که نظاره‌گر این شراره‌ها شده است، اما خورشید در حکم یک موتور پر قدرت است و ابعاد توفان‌های خورشیدی نیز متناسب با آن بزرگتر می‌شود. هر شرارهٔ معمولی خورشید ــ که از روی زمین حتی دیده نمی‌شود ــ معادل یک میلیارد بمب هیدروژنی انرژی آزاد می‌کند و نزدیک صد و اندی میلیارد تن ذرات مرگبار و پر انرژی به فضا پرتاب می‌کند. مغناطیس سپهر (magnetosphere) و اتمسفر بین آن‌ها معمولاً باعث بازگشت آن‌ها به فضا یا هدایت آرام‌شان به سوی قطب‌ها می‌شوند (که در آنجا باعث تولید شفق‌های جذاب قطبی کرهٔ زمین می‌شوند)، اما دانشمندان چنین تصور می‌کنند که یک انفجار استثنائاً بزرگ، مثلاً صد برابر یک شرارهٔ عادی، می‌تواند ابزارهای دفاع اثیری ما را از پا درآورد. درخشش نور، بسیار پرشکوه می‌شود اما تقریباً بدون هیچ تردیدی درصد بسیار بزرگی از آنچه را که در تیررس

آن آرمیده باشد نابود می‌کند. گذشته از این آنچه خوفناک‌تر می‌نماید، به گفتهٔ بروس سوروتانی از آزمایشگاه پیشرانش جتی ناسا، این است که «هیچ اثری از خود در تاریخ برجا نمی‌گذارد.»

به گفتهٔ یک پژوهندهٔ دیگر، آنچه از کل این رویدادها برای ما برجا می‌ماند، «چندین خروار حدس و گمان و مدارک بسیار اندک است.» سرد شدن کرهٔ زمین، ظاهراً و دست کم به سه حادثهٔ بزرگ همراه با انقراض ـ اوردوویسین، دوونین، و پرمین ـ مربوط می‌شود اما فراتر از آن، از جمله دربارهٔ اینکه فلان حادثهٔ انفجار خاص به سرعت رخ داد یا به آرامی، چندان توافقی وجود ندارد. مثلاً دانشمندان نمی‌توانند در این مورد به توافق برسند که انقراض دوونین پسین ـ حادثه‌ای که به دنبال آن پستانداران به سطح زمین کشانده شدند ـ طی میلیون‌ها سال رخ داد یا هزاران سال یا فقط در یک روز گرم.

یکی از دلایل اینکه طرح تبیین‌های متقاعد کننده در مورد این انقراض‌ها تا این اندازه دشوار می‌شود آن است که ریشه‌کن سازی حیات در یک مقیاس بزرگ بسیار بسیار دشوار است. همچنان که در مورد اصابت مانسن دیدیم، کرهٔ زمین ممکن است ضربه‌ای مهیب دریافت کند اما باز در راه احیای کامل و احتمالاً تا حدودی نااستوار گام بردارد. بدین ترتیب چگونه است که کرهٔ زمین پس از اصابت آن همه شهاب و ستارهٔ دنباله‌دار دوام آورده است، آیا حادثهٔ اصابت شهاب KT استثنائاً از حوادث دیگر ویرانگرتر بود؟ نخست آنکه این ضربه، قطعاً بسیار عظیم بود؛ با نیرویی معادل ۱۰۰ میلیون مگاتن به زمین اصابت کرد. تصور یک چنین انفجاری آسان نیست، اما همچنان که جیمز لارنس پاول متذکر شده است، اگر در مقابل هر یک شخص زندهٔ امروزی در کرهٔ زمین یک بمب به اندازهٔ بمب هیروشیما منفجر کنید چیزی در حدود یک میلیارد بمب در مقایسه با ابعاد ضربهٔ KT کم خواهید داشت. اما حتی همان ضربه به تنهایی ممکن است برای انهدام ۷۰ درصد حیات موجود در کرهٔ زمین، از جمله دایناسورها کافی نبوده باشد.

شهاب سنگ KT این امتیاز اضافی ـ امتیاز در صورتی که انسان امروزی به جای پستاندار آن روزی باشد ـ را داشت که در یک دریای کم عمق با گودی ۱۰ متر و احتمالاً با زاویهٔ مناسب و زمانی به کرهٔ زمین اصابت کرد که سطح اکسیژن در مقایسه با زمان ما ۱۰ درصد بالاتر بود و به همین دلیل کرهٔ زمین نیز احتراق

پذیرتر بود. مخصوصاً کف دریایی که این شهاب سنگ در آن فرود آمد، از تودهٔ سنگ سرشار از گوگرد پوشانده شده بود. در نتیجهٔ این ضربه، منطقه‌ای از کف دریا به وسعت کشور بلژیک، به یک افشانه (spray) اسید سولفوریک تبدیل شد. کرهٔ زمین تا چند ماه پس آن حادثه در معرض باران‌هایی به قدر کافی اسیدی برای سوزاندن پوست بدن انسان قرار گرفت.

پرسشی به مراتب بزرگتر از پرسش مربوط به اینکه چه چیزی باعث از میان رفتن ۷۰ درصد گونه‌های زیستی موجود در آن زمان شد آن است که سی درصد باقی مانده چگونه توانست به حیات خود ادامه دهد؟ چرا حادثهٔ مزبور برای هر دایناسور موجود در آن روزگار تا آن حد نابود کننده شد در حالی که خزندگان دیگر مانند مارها و تمساح‌ها، بدون برخورد به هیچ مانعی به راه خود ادامه دادند؟ تا جایی که ما می‌توانیم بگوییم، هیچ گونه‌ای از وزغ، سوسمارچه، سمندر یا دوزیستان دیگر در آمریکای شمالی منقرض نشد. تیم فلنری در کتاب جذاب مرز جاوید (*Eternal Frontier*) خود که دربارهٔ دورهٔ پیش تاریخی آمریکا نوشته است، چنین می‌پرسد: «چرا این موجودات ظریف می‌بایست صحیح و سالم از یک چنین فاجعهٔ بی‌سابقه‌ای جان به در برده باشند؟»

در دریاها نیز وضع تا حد زیادی بر همین منوال پیش می‌رفت. تمام آمونیت‌ها نابود شدند، ولی عموزاده‌هایشان یعنی نوتیلوییدها که سبک زندگی مشابهی داشتند، همچنان در دریا ماندند. در میان پلانکتون‌ها، برخی گونه‌ها عملاً از میان رفتند ـ مثلاً ۹۲ درصد روزن داران (foraminiferans) ـ در حالی که موجودات دیگری چون دیاتومه‌ها که بر طبق طرحی مشابه ساخته شده بودند و در کنار آن‌ها می‌زیستند، نسبتاً آسیبی ندیدند.

این موارد از جملهٔ ناسازگاری‌های مهم به شمار می‌روند. به گفتهٔ ریچارد فورتی: «خوش اقبال نامیدن آن‌ها و به همین کفایت کردن، هیچ ارضا کننده به نظر نمی‌رسد.» همچنان که بسیار محتمل به نظر می‌رسد، اگر به دنبال این حادثه چندین ماه تاریکی و دود خفه کننده ایجاد شده بود، در آن صورت باقی ماندن بسیاری از حشرات موجه به نظر نمی‌آمد. فورتی یادآور می‌شود: «برخی حشرات مانند سوسک‌ها می‌توانستند از چوب یا دیگر چیزهای پراکنده در محیط تغذیه و زندگی کنند. اما در مورد حشراتی چون زنبورهای عسل که در

روشنایی روز به پرواز درمی‌آیند و به گردهٔ گیاهان احتیاج دارند چه می‌توان گفت؟ تبیین علت زنده ماندن آن‌ها خیلی آسان نیست.»

از همه مهم‌تر، حضور مرجان‌ها است. مرجان‌ها برای آنکه زنده بمانند نیازمند جلبک‌ها هستند و جلبک‌ها نیز به آفتاب نیاز دارند. علاوه بر این، هر دو به وجود حداقل دماهای مستمر نیازمندند. در سال‌های گذشته، در مورد مرجان‌هایی که بر اثر تغییر دمای دریا در حد یک و اندی درجهٔ سانتیگراد هلاک شده‌اند تبلیغات بسیاری به عمل آمده است. اگر مرجان‌ها تا این اندازه در برابر تغییرات جزیی دما آسیب پذیرند، چگونه توانستند در برابر زمستان طولانی حاصل از آن ضربه دوام بیاورند؟

بسیاری تغییرات منطقه‌ای دیگر نیز وجود دارد که تبیین‌شان دشوار است. به نظر می‌رسد که تعداد انقراض‌ها در نیمکرهٔ جنوبی در مقایسه با نیمکرهٔ شمالی بمراتب کمتر بوده باشد. مخصوصاً زلند جدید امروزی، با آنکه تقریباً دارای هیچ‌گونه موجودات نقب‌زن نبود، به نظر می‌رسد که بدون کمترین آسیبی به راه خود ادامه داده باشد. حتی بخش عمدهٔ پوشش گیاهی این سرزمین، جان سالم به در برد ولی از دامنهٔ حریق‌های ایجاد شده در نقاط دیگر چنین استنباط می‌شود که نابودی مذکور شامل سراسر کرهٔ زمین شده است. خلاصهٔ کلام آنکه هنوز خیلی چیزها برای ما همچنان گنگ مانده است.

برخی از جانوران، بدون هیچ چون و چرایی به گسترش و رونق خود ادامه دادند که از آن میان ـ با شگفتی اندکی ـ می‌توان دوباره به لاک‌پشت‌ها اشاره کرد. همچنان که فلنری یادآور می‌شود، دوره‌ای را که بلافاصله پس از انقراض دایناسورها آغاز شد به راحتی می‌توان عصر لاک‌پشت‌ها نام‌گذاری کرد. شانزده گونه لاک‌پشت در آمریکای شمالی به حیات خود ادامه دادند و سه گونهٔ دیگر، در اندک مدتی به ظهور رسیدند.

روشن است که لاک‌پشت‌ها ترجیح دادند در آب بمانند. ضربهٔ KT نزدیک به ۹۰ درصد گونه‌های مستقر در خشکی و فقط ۱۰ درصد ساکنان آب‌های شیرین را نابود کرد. بدون تردید آب این جانوران را در برابر حرارت و شعله‌های آتش حفاظت می‌کرد، اما در عین حال مواد غذایی بیشتری در دورهٔ کمیابی پس از آن حادثه در اختیار ایشان قرار می‌داد.

تمام جانوران خشکی‌زی که جان سالم به در برده بودند، در مواقع خطر بر حسب عادت به محیطی بی‌خطرتر ـ زیر آب یا زیرزمین ـ عقب نشینی می‌کردند و بدین ترتیب پناهگاهی مطمئن در برابر اثرات تخریبی و نابوده کنندهٔ محیط بیرون پیدا می‌کردند. جانورانی که برای ادامهٔ حیات به مردارخواری می‌پرداختند نیز از یک امتیاز برخوردار بودند. مارمولک‌ها عموماً در برابر میکرب‌های لاشه‌های فاسد شده مقاوم و نفوذناپذیر بودند و هستند. به عبارت دقیق‌تر مارمولک‌ها غالباً به سوی لاشه کشیده می‌شوند، ولی مدت‌های طولانی انبوهی از لاشه‌های پوسیده در سطح زمین پراکنده بود.

غالباً به غلط گفته می‌شود که فقط جانوران کوچک از حادثهٔ KT جان سالم به در بردند. به بیان دیگر، جانورانی چون تمساح‌ها نیز در میان این زنده ماندگان دیده می‌شدند که نه فقط جثه‌ای بزرگ داشتند بلکه سه برابر تمساح‌های امروزی بودند. اما بر روی هم، حقیقت دارد که بیشتر موجودات زنده مانده از نوع جانوران کوچک و پنهان شونده بودند. داشتن جثهٔ کوچک در آن دنیای تاریک و خشماگین، عملاً و به اضافهٔ خون‌گرمی، شبگردی، خوردن غذاهای گوناگون و طبیعتاً محتاط بودن ـ خصوصیات متمایزکنندهٔ نیاکان پستاندار ما ـ درست و بجا بود. اگر تکامل طبیعی ما به مراحل پیشرفته‌تری گام نهاده بود، ما به احتمال قوی نابود می‌شدیم. در عوض، پستانداران خود را در دنیایی یافتند که همانند دیگر موجودات زندهٔ آن روزی برای زندگی در آن مناسب بودند.

لیکن وضع طوری نبود که گویی پستانداران برای پر کردن هر سوراخی هجوم می‌بردند. استیون م. استنلی دیرین‌شناس می‌نویسد: «تکامل طبیعی ممکن است از خلاء بگریزد اما پر کردن آن غالباً به زمانی بس طولانی نیاز دارد.» چون پستانداران، در یک دورهٔ احتمالاً ده میلیون ساله، به طرزی محتاطانه کوچک ماندند. در اوایل دوران سوم، اگر جانوری صاحب جثه‌ای به اندازهٔ یوزپلنگ می‌بود به مقام پادشاهی جانوران می‌رسید.

اما پستانداران به محض آنکه در خشکی به حرکت درآمدند به طرزی حیرت‌انگیز ـ و گاهی تا ابعاد بسیار مضحک ـ بزرگتر شدند. هزاران سال بود که جثهٔ خوکچهٔ هندی به اندازهٔ کرگدن و جثهٔ کرگدن به اندازهٔ یک ساختمان دو طبقه بود. هرجا که خلایی در زنجیرهٔ جانوران درنده وجود داشت، پستانداران برای پر

کردنش قد برافراشتند (گاهی به معنی لفظی این کلمه). اعضای اولیهٔ تیرهٔ راکون‌ها به آمریکای جنوبی مهاجرت کردند، یک خلاء پیدا کردند، با جثه و درندگی جانورانی چون خرس‌ها به کمال رسیدند. پرندگان نیز به طرزی بی‌قاعده رشد و گسترش یافتند. میلیون‌ها سال بود که یک پرندهٔ غول‌آسای بی‌پرواز و گوشت‌خوار به نام تیتانیس (Titanis) احتمالاً درنده‌ترین جانور آمریکای شمالی به شمار می‌رفت. بدون تردید، این پرنده، رعب‌آورترین پرنده‌ای بود که تا آن زمان در کرهٔ زمین ظاهر شده بود. قدش ۱۰ فوت بود، وزنش از هشتصد پاوند تجاوز می‌کرد، و منقاری داشت که با آن می‌توانست کلهٔ هر موجودی را که مایهٔ آزارش می‌شد از تن جدا کند. تیرهٔ این پرنده، با قدرت تمام تا پنجاه میلیون سال بعد به حیات خود ادامه می‌داد ولی تا زمانی که اسکلت آن در سال ۱۹۶۳ در ایالت فلوریدا پیدا نشده بود، انسان‌ها هیچ تصوری از احتمال وجود چنین جانوری نداشتند.

در اینجا می‌رسیم به یک دلیل دیگر برای عدم قطعیت موجود دربارهٔ انقراض‌ها: اندک بودن بایگانی فسیلی. پیش از این به نامحتمل بودن فسیل شدن هر مجموعهٔ استخوان موجودات مرده اشاره کردیم، اما بایگانی موجود عملاً در وضعی غیر قابل تصور قرار دارد. مثلاً دایناسورها را در نظر بگیرید. از مشاهدهٔ آن‌ها در موزه‌ها این تصور در بیننده ایجاد می‌شود که گویا فسیل دایناسور در سراسر جهان به وفور یافت می‌شود. واقعیت آن است که آنچه در موزه‌ها به نمایش درآمده، عمدتاً مصنوعی است. دیپلودوکوس (Diplodocus) غول‌آسایی که بر تالار ورودی موزهٔ تاریخ طبیعی لندن سایه افکنده و موجب آگاهی و شادی چندین نسل از بازدید کنندگان موزه شده است، از جنس گچ است ــ در سال ۱۹۳۰ در شهر پیستبورگ ساخته و توسط اندرو کارنگی به این موزه هدیه شد. تالار ورودی موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا در نیویورک با تابلویی بس بزرگتر از این تزیین شده است: اسکلتی از یک باروساروس (Barosaurus) بزرگ در حال دفاع از بچه‌اش در برابر حملهٔ یک آلوساروس (Allosaurus) جهنده و دارای دندان‌های نمایان. منظره‌ای حیرت‌انگیز و جالب است ــ باروساروس احتمالاً به اندازهٔ ۳۰ فوت تا سقف به هوا بلند شده است ــ اما تماماً ساختگی، تک تک چند صد تکه استخوان موجود در آن نمونهٔ به نمایش درآمده ریختگی هستند. اگر از تمام موزه‌های بزرگ تاریخ طبیعی در سراسر جهان ــ در پاریس، وین، فرانکفورت،

بوئنوس آیرس، مکزیکوسیتی ــ بازدید کنید موجوداتی که در لحظهٔ ورود به شما خوش آمد می‌گویند مدل‌هایی کهن هستند نه استخوان‌هایی باستانی.

حقیقت آن است که ما عملاً اطلاعات چندانی دربارهٔ دایناسورها نداریم. برای کل عصر دایناسورها، کمتر از هزارگونه شناسایی شده‌اند (تقریباً نیمی از آن‌ها از روی یک نمونهٔ واحد شناخته می‌شوند)، که در حدود یک چهارم تعداد گونه‌های پستانداران زندهٔ امروزی است. فراموش نکنید که دورهٔ سیطرهٔ دایناسورها بر کرهٔ زمین سه برابر طول دورهٔ پستانداران بود، بنابراین یا دایناسورها گونه‌های زیادی تولید نمی‌کردند یا آنکه ما تازه نخستین صفحهٔ تاریخچهٔ آن‌ها را ورق می‌زنیم.

از میلیون‌ها سال سپری شده در عصر دایناسورها هنوز یک فسیل پیدا نشده است. حتی برای دورهٔ کرتاسهٔ پسین ــ تنها دورهٔ پیش از تاریخ که در پرتو علاقهٔ دیرپای انسان به دایناسورها و انقراض آن‌ها بیش از هر دورهٔ دیگر مورد مطالعه قرار گرفته است ــ در حدود سه چهارم تمام گونه‌هایی که در زمین به سر می‌برده‌اند احتمالاً کشف نشده مانده‌اند. جانوران سنگین‌تر و درشت‌تر از دیپلودوکوس‌ها یا هولناک‌تر از تیرانوساروس‌ها (Tyrannosaurus)، احتمالاً هزارتا هزارتا در سطح زمین به حرکت در می‌آمده‌اند، اما این احتمال وجود دارد که ما هرگز نتوانیم آن‌ها را شناسایی کنیم. تا همین اواخر، مجموعهٔ اطلاعات ما دربارهٔ دایناسورهای این دوره، فقط از چیزی در حدود سیصد نمونهٔ معرف فقط شانزده گونه به دست آمده بود. ناچیز بودن این بایگانی به اشاعهٔ این اعتقاد انجامید که دایناسورها همزمان با حادثهٔ اصابت KT در راه انقراض گام برداشته بوده‌اند.

در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ یکی از دیرین‌شناسان موزهٔ عمومی میلواکی به نام پیتر شیهن تصمیم گرفت که آزمایشی انجام دهد. او با استفاده از دویست داوطلب، یک سرشماری طاقت‌فرسا از یک منطقهٔ دقیقاً تعریف شده و در عین حال خوب دست‌چین شدهٔ سازند معروف هل کریک در مونتانا به عمل آورد. داوطلبان که همه چیز را موشکافانه الک می‌کردند، تک تک آخرین دندان‌ها و مهره‌ها و تکه استخوان‌هایی را که از دید حفاری کنندگان پیشین افتاده بود گردآوری کردند. این کار سه سال به دراز کشید. وقتی کار به پایان رسید، پژوهندگان دریافتند که مجموعهٔ فسیل‌های به دست آمده از دایناسورهای دورهٔ

کرتاسه در سراسر جهان را به سه برابر افزایش داده‌اند. این پژوهش ثابت کرد که تعداد دایناسورها درست تا زمان حادثهٔ اصابت KT بسیار زیاد بوده است. شیهن در گزارش خود می‌گوید: «هیچ دلیلی برای پذیرش این اعتقاد وجود ندارد که گویا دایناسورها در سه میلیون سال پایانی دورهٔ کرتاسه در حال انقراض بوده‌اند.»

ما چنان با اعتقاد به اجتناب ناپذیری وجود خودمان به عنوان گونهٔ غالب بر حیات در کرهٔ زمین خو گرفته‌ایم که به سختی می‌توانیم این واقعیت را بپذیریم که ما فقط به این علت در کرهٔ زمین حضور داریم که اصابت‌های فضایی و دیگر حوادث تصادفی در زمان مناسب به حال ما رخ داده‌اند. تنها وجه مشترک ما با تمامی دیگر موجودات زنده آن است که نیاکان ما چیزی در حدود چهار میلیارد سال تمام درست در زمانی از لای یک سلسله درهای درحال بسته شدن گذشتند که ما به چنین چیزی نیاز داشتیم.

استیفن جی گولد، این نکته را به شکلی موجز در یک جملهٔ معروف بیان کرده است: «امروز انسان‌ها به این دلیل در کرهٔ زمین حضور دارند که خط پیوستهٔ خاص انسان هیچ‌گاه ــ حتی یک‌بار در هر یک از یک میلیارد نقطه‌ای که می‌توانسته‌اند موجب محو شدن ما از صحنه تاریخ بشوند ــ شکاف برنداشت.»

این فصل را با اشاره به سه نکته آغاز کردیم: حیات می‌خواهد وجود داشته باشد؛ حیات همیشه نمی‌خواهد خیلی زیاد وجود داشته باشد؛ حیات هر چندگاه یک بار منقرض می‌شود. یک نکتهٔ چهارم را نیز می‌توان بر آن افزود: حیات ادامه می‌یابد. و همچنان که در آینده خواهیم دید، در اغلب موارد نیز طوری ادامه می‌یابد که قطعاً موجب حیرت ما می‌شود.

# ۲۳ پرمایگی هستی

در گوشه و کنار موزهٔ تاریخ طبیعی لندن و در دل تورفتگی‌های واقع در امتداد دالان‌های کم نور یا در حد فاصل قفسه‌های شیشه‌ای حاوی کانی‌ها و تخم‌های شترمرغ و خرت و پرت‌های تولیدی مربوط به صد و اندی سال گذشته، چندین درِ مخفی ـ دست کم مخفی به این معنی که هیچ چیز جالبی در آن‌ها نیست که توجه بیننده را به خود جلب کند ـ وجود دارد. گاهی ممکن است کسی را ببینید که گیج به نظر می‌رسد و مویی ژولیده دارد و شتابان از دالانی می‌گذرد و احتمالاً در چند قدمی شما غیبش می‌زند و از یکی از آن درها داخل می‌شود، اما چنین چیزی در حد اتفاقات نایاب است. آن درها غالباً بسته نگهداشته می‌شوند، هیچ نشانه‌ای از وجود یک موزهٔ تاریخ طبیعی دیگر در پشت آن‌ها ـ به موازات این یکی ـ و به وسعت همین موزه‌ای که مردم به دیدارش می‌آیند و پس از مشاهده‌اش زبان به ستایش از آن می‌گشایند (و شاید هم از برخی جهات پرمایه‌تر از این است) در آن‌ها به چشم نمی‌خورد.

موزهٔ تاریخ طبیعی، نزدیک به هفتاد میلیون قطعهٔ به دست آمده از تمام گوشه‌های حیات و از گوشه و کنار جهان را در خود نگهداری می‌کند و هر سال نیز صد و اندی هزار قطعه بر این گنجینه افزوده می‌شود، اما فقط در صورتی می‌توان به ارزش این گنجینه پی برد که بتوان پشت صحنهٔ موزه را مشاهده کرد. در قفسه‌ها و گنجه‌ها و در امتداد اتاق‌های پر از قفسه‌های درهم فشرده، ده‌ها هزار جانور در داخل شیشه و الکل، میلیون‌ها حشرهٔ سنجاق شده به تکه‌های مقوا، کشوهای پر از نرم‌تنان براق، استخوان‌های دایناسورها، جمجمه‌های

انسان‌های اولیه، و انبوهی از پوشه‌ها با گیاهان فشرده در میان آن‌ها نگهداری می‌شوند. تا حدودی مثل این است که انسان عملاً به درون مغز داروین راه یافته و در آن به گردش پرداخته است. فقط در تالار جانوران داخل شیشه و الکل، چیزی نزدیک به پانزده مایل قفسه‌بندی با شیشه‌های حاوی جانوران نگهداری شده در داخل الکل متیلیک وجود دارد.

نمونه‌های گردآوری شده توسط جوزف بنکس از استرالیا، آلکساندر فون هومبولت از منطقهٔ آمازون، داروین از سفر تحقیقاتی با کشتی بیگل (*Beagle*) و بسیاری دانشمندان دیگر که یا معمولاً بسیار نایاب‌اند یا از لحاظ تاریخی اهمیت دارند یا به هر دو دلیل، به اینجا آورده شده‌اند. بسیاری از بازدیدکنندگان دوست دارند اشیاء را تصاحب کنند. به عبارت دقیق‌تر، عده‌ای نیز چنین کرده‌اند. این موزه در سال ۱۹۵۴ یک مجموعهٔ ارزشمند و برجستهٔ پرنده‌شناسی را از ماترک یک مجموعه‌دار علاقمند به نام ریچارد ماینرتسهاگن خریداری کرد. در میان آثار علمی وی می‌توان به کتاب پرندگان عربستان اشاره کرد. ماینرتسهاگن، سال‌های سال با اشتیاق تمام در این موزه حضور می‌یافت، تقریباً هر روز، و برای تکمیل کتاب‌ها و پژوهش‌هایش یادداشت‌های لازم را تهیه می‌کرد. وقتی صندوق‌های حاوی مجموعهٔ خریداری شده به موزه رسید، مسئولان موزه که به هیجان آمده بودند شتابان دست به کار شدند و آن‌ها را باز کردند تا ببینند چه چیزهایی از آن مجموعه برجا مانده است. وقتی دیدند که بیشتر نمونه‌های آن مجموعه برچسب خود موزه را دارند حیرت‌زده شدند. معلوم شد که آقای ماینرتسهاگن به خود اجازه داده بود این نمونه‌ها را طی سال‌های گذشته از موزه بردارد و صاحب شود. به همین دلیل بود که همیشه وقتی به موزه می‌آمد، حتی در هوای گرم یک کت گل و گشاد می‌پوشید.

چند سال بعد، یکی از بازدیدکنندگان همیشگی بخش نرم‌تنان ـ که به گفتهٔ مسئولان موزه «شخصی کاملاً متشخص و آراسته بود» ـ هنگامی که گوش‌ماهی‌های گران قیمت را در داخل پایه‌های عصای کمکی‌اش پنهان می‌کرد دستگیر شد.

ریچارد فورتی در حالی که مرا در دنیای فریبندهٔ همان بخش پشت صحنهٔ موزه هدایت می‌کرد با حالتی متفکرانه گفت: «گمان نمی‌کنم در اینجا چیزی وجود داشته باشد که کسی در جایی از جهان آرزوی تصاحبش را نداشته باشد.»

از دنیای بخش‌های درهم ریخته‌ای گذشتیم که افراد در آن‌ها پشت میزهای بزرگ نشسته بودند و دربارهٔ انواع بندپاییان و برگ‌های نخل و جعبه‌های پر از استخوان‌های زرد شده تحقیق می‌کردند. حال و هوای دقت، و حضور افراد درگیر در تلاشی غول‌آسا که هرگز به پایان نمی‌رسد و نباید شتابی در آن به خرج داد، در همه جا احساس می‌شد. در جایی خوانده بودم که موزهٔ تاریخ طبیعی در سال ۱۹۶۷ گزارش خود را در مورد کارهای هیئت اکتشافی جان ماری در اقیانوس هند یعنی چهل و دو سال پس از خاتمهٔ مأموریت آن هیئت منتشر کرد. در اینجا با دنیایی مواجهیم که در آن هر چیزی با سرعت خاص خود حرکت می‌کند، از جمله آسانسور کوچکی که من و فورتی و یک دانشمند نسبتاً سالخورده در آن بودیم و همچنان که با سرعتی در حد سرعت تشکیل رسوبات دریایی به طبقات بالا می‌رفتیم بین آن دو نیز گفتگویی دوستانه آغاز شد.

پس از خارج شدن آن مرد از آسانسور، فورتی رو کرد به من و گفت: «او انسانی بس شریف است که چهل و دو سال از عمرش را در راه مطالعهٔ یک گیاه یعنی هزار چشم (St. John's Wort یا هوفاریقون) سپری کرده است. در سال ۱۹۸۹ بازنشسته شد ولی همچنان هفته‌ای یک بار به اینجا می‌آید.»

پرسیدم: «راستی چطور ممکن است شخصی چهل و دو سال از عمرش را در راه مطالعهٔ یک گیاه سپری کند؟»

فورتی تأیید کنان گفت: «تحسین برانگیز است مگر نه؟» لحظه‌ای در فکر شد و افزود: «ظاهراً آدمی بسیار دقیق است.» آسانسور ایستاد و درش رو به یک دیوار آجری باز شد. فورتی گیج شده بود. گفت: «عجیب است. معمولاً بخش گیاه‌شناسی در اینجا بود.» دکمهٔ مربوط به یک طبقهٔ دیگر را زد. و ما سرانجام پس از گذشتن از یک پلکان پشتی و عبور غیر مجاز پنهانی از چند بخش دیگر و دیدن پژوهندگانی که با انبوه اشیای سابقاً زنده ور می‌رفتند به بخش گیاه‌شناسی رسیدیم. در آنجا بود که من با لن الیس و دنیای آرام خزه گیاهان (bryophytes) یا همان خزه‌ها آشنا شدم.

وقتی امرسن به زبان شاعرانه می‌گفت خزه‌ها طرف شمالی درخت‌ها را ترجیح

می‌دهند (خزه به پوست درختان جنگل، در شب تاریک حکم ستاره قطبی را داشت») منظورش همان گلسنگ‌ها بود، چون دانشمندان در سدهٔ نوزدهم تفاوتی بین گلسنگ و خزه قایل نمی‌شدند. خزه‌های حقیقی، عملاً اهمیتی به محل رویش خود نمی‌دهند و به همین علت نمی‌شود از آن‌ها به عنوان قطب‌نماهای طبیعی استفاده کرد. هنری س. کونرد با لحنی مختصر اندوهگینانه در کتاب طرز تشخیص خزه از علف جگری (liverworts) چنین نوشت: «شاید هیچ گروه بزرگ دیگری از گیاهان را نتوان پیدا کرد که به اندازهٔ خزه‌ها از لحاظ بازرگانی و اقتصادی بی فایده باشند.» این کتاب که در سال ۱۹۵۶ منتشر شد هنوز هم در قفسه برخی کتابخانه‌ها به عنوان تنها مرجع موجود برای تشریح موضوع خزه‌ها به زبان ساده یافت می‌شود.

اما خزه‌ها پر زاد و ولد هستند. قلمرو خزه گیاهان، حتی پس از حذف گلسنگ‌ها، بسیار پر ازدحام است و چیزی نزدیک به ده هزار گونه در مجموعهٔ هفتصد جنس آن یافت می‌شوند. کتاب پر حجم و شکوهمند گیاه خزه‌ای بریتانیا و ایرلند نوشتهٔ ا. ج. ا. اسمیت به هفتصد صفحه می‌رسد و دو کشور بریتانیا و ایرلند نیز به داشتن خزه‌های گوناگون معروف نیستند. لن الیس گفت: «انواع خزه را می‌توان در سرزمین‌های گرمسیری پیدا کرد.» او که انسانی آرام، لاغر، و بلند قامت بود بیش از بیست و هفت سال از عمرش را در موزهٔ تاریخ طبیعی به تحقیق گذرانده و از سال ۱۹۹۰ به بعد رییس این بخش شده است. «می‌توانید به نقطه‌ای مانند جنگل‌های بارانی مالزی بروید و با یک سهولت نسبی انواع خزه را ببینید. من خودم همین اواخر بود که این کار را کردم. وقتی دقت کردم، گونه‌ای از خزه را دیدم که مشخصاتش تا آن زمان درجایی ثبت نشده بود.»

«یعنی بدین‌ترتیب کسی نمی‌داند چند گونهٔ دیگر در آینده کشف خواهد شد؟»

«نه، نمی‌دانم. هیچ چیزی نمی‌شود گفت.»

شاید نتوانید تصورش را هم بکنید که این همه انسان در جهان یافت می‌شوند که آماده‌اند عمرشان را در راه مطالعهٔ چیزی تا این اندازه بی‌اهمیت سپری کنند، اما تعداد خزه‌شناسان از چند صد نفر تجاوز می‌کند و همگی شدیداً به موضوع کارشان علاقمند هستند. الیس گفت: «اوه، بله، جلسات‌شان نیز گاهی وقت‌ها خیلی پرهیجان می‌شود.»

دربارهٔ یکی از موضوعات مورد بحث آن‌ها از او پرسیدم.

در حالی که مختصر خنده‌ای بر لب داشت و کتاب مرجعی سنگین و سرشار از تصاویر خزه‌هایی را بازکرده بود که جالب‌ترین خصوصیات‌شان برای چشمان افراد غیر متخصص، تشابه باور نکردنی آن‌ها به یکدیگر بود، چنین گفت: «این، یکی از موارد تحمیل شده بر ما از سوی یکی از هم وطنان شما است.» در حالی که دستش را روی یک خزه می‌گذاشت گفت: «این، سابقاً یک جنس به شمار می‌رفت و *Drepanocladus* نامیده می‌شود. امروزه به سه جنس زیرین تقسیم شده است: *Drepanocladus*، *Wamstorfia* و *Hamatacoulis*.

با کمی نومیدی پرسیدم: «آیا موجب درگیری هم شد؟»

«راستش را بخواهید، کاری عاقلانه بود. کاملاً معنی‌دار بود. اما دنیایی از تجدید سازمان مجموعه‌ها را به دنبال آورد و تا مدت‌ها موجب کهنه شدن تمام کتاب‌ها شد، و بدین ترتیب، غرولندی از گوشه و کنار شنیده شد.»

گفت خزه‌ها تا حدودی نیز اسرارآمیز هستند. یک مورد معروف ـ البته معروف برای خزه‌شناسان ـ متضمن نوع گوشه‌گیری از خزه به نام *Hyophila Stanfordensis* بود که در پردیس دانشگاه استنفرد کالیفرنیا کشف و بعدها معلوم شد که در کنار یکی از گذرگاه‌های کورنوال و در گوشهٔ جنوب غربی انگلستان نیز می‌روید ولی هیچگاه در نقاط حد فاصل بین آن دو مشاهده نشده است. اینکه چنین خزه‌ای چگونه توانسته بود در دو نقطهٔ نامرتبط با یکدیگر به زندگی ادامه دهد، فقط حدس زدنی است. الیس گفت: «امروزه آن خزه را *Hennediella Stanfordensis* می‌نامند. یک تجدید نظر دیگر.»

هر دو متفکرانه سری تکان دادیم.

وقتی یک خزهٔ جدید پیدا می‌شود باید با تمام خزه‌های دیگر مقایسه شود تا ثابت شود که قبلاً در جایی ثبت نشده است. سپس باید شرحی رسمی درباره‌اش نوشته شود، تصاویرش تهیه شود، و نتیجهٔ کلی در یک نشریهٔ معتبر منتشر شود. کل این فرآیند معمولاً به شش ماه نمی‌رسد. سدهٔ بیستم از لحاظ طبقه‌بندی خزه‌ها عصر درخشانی نبود. بخش بزرگی از کارهای انجام شده در آن سده به از هم گشودن گره‌ها و از میان برداشتن دوباره کاری‌های برجا مانده از سدهٔ نوزدهم اختصاص داشت.

چنین بود عصر طلایی گردآوری خزه. (شاید به یاد داشته باشید که پدر چارلز لایل از خزه شناسان بزرگ بود.) یک انگلیسی به نام جالب جورج هانت (George Hunt، واژهٔ Hunt در زبان انگلیسی به معنی شکار و شکار کردن است) با چنان جدیتی به شکار خزه‌های بریتانیا پرداخت که احتمال می‌دهند باعث انقراض چندین گونهٔ این گیاه شده باشد.

اما در پرتو همین کوشش‌ها بود که مجموعهٔ امروزی لن الیس یکی از جامع‌ترین مجموعه‌های جهان به شمار می‌رود. تمام ۷۸۰,۰۰۰ نمونه خزهٔ او در میان ورق‌های سنگین و بزرگ مقوای تاشده نگهداری می‌شوند، که برخی از آن‌ها بسیاری قدیمی‌اند و با خط عنکبوتی دورهٔ ویکتوریا پوشانده شده‌اند. تا جایی که ما می‌دانیم، برخی از این نمونه‌ها قبلاً در دست رابرت براون گیاه‌شناس بزرگ دورهٔ ویکتوریا و کاشف حرکت براونی و هستهٔ سلول بوده‌اند. براون، بخش گیاه‌شناسی این موزه را در نخستین دورهٔ سی و یک سالهٔ آن دایر و تا زمان مرگش در سال ۱۸۵۸ شخصاً اداره کرد. تمام نمونه‌ها در گنجه‌های قدیمی و براق ماهونی و چنان ظریف نگهداری شده‌اند که من نیز به ستایش از آن زبان گشودم.

الیس، چنان با بی‌اعتنایی سخن گفت که گویی چیزی را که جدیداً از فروشگاه Ikea خریداری شده باشد شناخته است. «اوه، اینها هم روزگاری به سر جوزف بنکس تعلق داشتند و از خانه‌اش در میدان سوهو به اینجا آورده شدند. خانه را طوری ساخته بود که برای نگهداری از نمونه‌های به دست آمده در سفر دریایی با کشتی ایندیور مناسب باشد.» گنجه‌ها را به دقت زیر نظر گرفته بود، گویی پس از سال‌ها نخستین‌بار بود که آن‌ها را می‌دید. افزود: «نمی‌دانم چطور شد که آن‌ها را سرانجام در مجموعهٔ خزه‌شناسی قرار دادیم.»

در اینجا رازی بزرگ برملا می‌شد. جوزف بنکس بزرگترین گیاه شناس انگلستان بود، و سفر با کشتی ایندیور ــ یعنی همان که کاپیتن کوک در جریان آن توانست از عبور نصف‌النهاری زهره نقشه‌برداری کند، استرالیا را به تاج و تخت بریتانیا منضم سازد و بسیاری کارهای دیگر انجام دهد ــ بزرگترین سفر اکتشافی تاریخ در رشتهٔ گیاه‌شناسی بود. بنکس برای آنکه همراه با یک گروه ۹ نفره ــ یک طبیعت شناس، یک منشی، سه نقاش، و چهار خدمتکار ــ در این سفر پرماجرا به گرد جهان شرکت داشته باشد مبلغی معادل ۱۰,۰۰۰ پاوند یا حدود یک میلیون

دلار به پول امروز پرداخت کرد. خدا می‌داند که این کاپیتن کوک بی‌ملاحظه چه بلایی به سر این گروه مخملی و نازنازی آورد، اما ظاهراً بنکس را به قدر کافی دوست داشت و کاری جز ستودن استعداد او در گیاه‌شناسی نداشت ـ نسل‌های بعد نیز با کوک هم عقیده شدند.

پیش از آن، یا حتی از آن زمان به بعد، هیچ گروه گیاه‌شناسی نتوانست به پیروزی‌هایی بزرگتر از دستاوردهای گروه بنکس برسد.

بخشی از علت آن پیروزی‌ها این بود که سفر دریایی بنکس شامل بسیاری از نقاط جدید یا کمتر شناخته شده ـ تییرا دل فوئگو، تاهیتی، زلند جدید، استرالیا، گینهٔ نو ـ گردید ولی علت اصلی آن این بود که شخص بنکس یک گردآوری کنندهٔ هوشمند و مبتکر بود. او حتی وقتی به علت در قرنطینه ماندن نمی‌توانست به ساحل ریو د ژانیرو برود در لا به لای علوفهٔ تازه‌ای که برای چارپایان داخل کشتی فرستاده شده بود به کاوش پرداخت و به کشف‌های جدید دست یافت. او ظاهراً، هیچ چیزی را از نظر نمی‌انداخت. بر روی هم سی هزار نمونهٔ گیاهی با خود آورد که ۱,۴۰۰ نمونهٔ آن توسط کسی تا آن زمان مشاهده نشده بود ـ که همین تعدادی در حدود یک چهارم بر تعداد گیاهان شناخته شدهٔ جهان افزود.

اما انبار نهانی بنکس فقط جزیی از یک تلاش طولانی و طاقت فرسا در عصری بود که تقریباً بی‌جهت، عصر گردآوری نامیده می‌شد. گردآوری گیاهان در سدهٔ هیجدهم به نوعی شیدایی بین‌المللی تبدیل شد. ثروت و افتحار به یک اندازه در انتظار کسانی بود که به کشف گونه‌های جدید توفیق می‌یافتند، و گیاه شناسان و ماجراجویان نیز خود را به دردسرهایی باور نکردنی می‌انداختند تا به عطش جهانیان برای نوآوری در پرورش گیاهان پاسخ دهند. تامس ناتال که گیاه پیچ گلیسین را به افتخار کاسپار ویستریا نام‌گذاری کرد و آن را ویستریا (*Wisteria*) نامید، در مقام یک کارگر بی‌سواد چاپخانه به آمریکا رفت ولی به گیاه‌شناسی علاقمند شد، نیمی از کشور آمریکا را پیاده طی کرد و از همان مسیر به جای نخست خود برگشت و در این راه توانست صدها گیاه گردآوری کند که تا آن زمان توجه کسی را به خود جلب نکرده بود. جان فریزر که درخت صنوبر فریزر به نام او نام‌گذاری شده است، سال‌های طولانی عمرش را در طبیعت و برای گردآوری نمونه‌های گیاهان به نمایندگی از کاترین کبیر سپری کرد و کارش را زمانی به پایان

برد که معلوم شد تزاری جدید در روسیه به قدرت رسیده است که او را دیوانه می‌پندارد و حاضر به رعایت شرایط قرارداد او نیست. فریزر تمام نمونه‌های گیاهی را با خود به چلسی برد و با استفاده از آن‌ها یک قلمستان دایر کرد و با پرداختن به فروش گل‌هایی چون ژونوس، آزالیا، ماگنولیا، موچسب وحشی، گل مینا و دیگر گیاهان ناشناختهٔ آمریکایی به نجیب زادگان انگلیسی، زندگی زیبایی برای خود دست و پا کرد.

اگر کسی به کشف مناسبی دست می‌یافت می‌توانست صاحب مبالغ کلان شود. جان لاین گیاه‌شناس غیرحرفه‌ای، پس از دو سال کار و تلاش سخت و پر مخاطره برای گردآوری نمونه‌های گیاهی به مبلغی معادل ۲۰۰,۰۰۰ دلار امروزی دست یافت. اما بسیاری از گردآوری کنندگان انگیزه‌ای جز علاقه به گیاه‌شناسی نداشتند. ناتال بخش بزرگی از وجوه به دست آمده را به باغ‌های گیاه‌شناسی لیورپول بخشید. سرانجام به مدیریت باغ گیاه‌شناسی هاروارد رسید و دایرةالمعارف معروف جنس‌های گیاهان آمریکای شمالی (*Genera of North American Plants*) را نوشت (که علاوه بر نوشتن متن کتاب، حروفچینی آن را نیز خودش انجام داد).

اما این همه فقط به دنیای گیاهان مربوط می‌شد. دنیای جدید دنیایی سرشار از انواع جانوران نیز بود ــ مانند کانگورو، کیوی، راکون، گربهٔ وحشی، پشه، و دیگر موجودات عجیب و غریب و باورنکردنی. همچنان که جاناتان سویفت در چند مصرع معروف خود گفته است، حجم حیات در کرهٔ زمین، ظاهراً بی نهایت بود:

بنگر که طبیعت‌شناسان می‌گویند هر کک
کک‌هایی کوچکتر دارد که از جانوران دیگر می‌مکند؛
و اینها نیز کک‌هایی کوچکتر دارند که جانوران دیگر را نیش می‌زنند؛
و چنین است تا بی‌نهایت.

کل اطلاعات جدیدی که بدین طریق به دست می‌آمد می‌بایست بایگانی، سازمان دهی و با یافته‌های پیشین مقایسه می‌شد. دنیا شدیداً نیازمند یک روش طبقه‌بندی بود. خوشبختانه، انسانی در سوئد می‌زیست که گویی برای

همین کار آماده شده بود.

وی کارل لینه نام داشت (که بعدها لقب اشراف منشانهٔ فون لینه را برای خود برگزید)، اما امروزه صورت لاتینی نامش یعنی کارولوس لینائوس (Carolus Linnaeus) بیشتر رواج دارد. او در سال ۱۷۰۷ در روستای روشولت واقع در جنوب سوئد چشم به جهان گشود. پدرش کشیشی فقیر اما از پیروان بلند پرواز لوتر بود. لینه چنان دانش‌آموز تنبلی بود که پدرش او را نزد یک پینه‌دوز به شاگردی سپرد (در برخی منابع احتمال داده‌اند که چنین کرده باشد). لینهٔ جوان که از سپری کردن عمرش در راه کوبیدن نعل بر کف چرمی کفش‌های مردم متوحش شده بود از پدرش خواست که فرصتی دیگر به او بدهد، که با درخواستش موافقت شد. از آن پس، لینه هیچ‌گاه از راه تحصیلات دانشگاهی منحرف نشد. در حالی که در سوئد و هلند به تحصیلات پزشکی ادامه می‌داد به دنیای طبیعی علاقمند شد. در اوایل دههٔ ۱۷۳۰ که هنوز در سنین بیست تا بیست و نه سالگی به سر می‌بُرد به تهیهٔ کاتالوگ‌هایی از گونه‌های گیاهی و جانوری جهان بر اساس طرح شخصی خودش پرداخت و اندک اندک مشهور شد.

به ندرت دیده شده است که یک انسان با مقام بزرگ خود چنین راحت کنار آمده باشد. او بخش بزرگی از ساعات فراغتش را به کوبیدن عکس‌های دراز و خوش نمای خودش بر دیوار صرف می‌کرد، و همواره می‌گفت تاکنون «هیچ گیاه شناس یا جانورشناسی بزرگتر از او» پدید نیامده و روش رده‌بندی او «بزرگترین دستاورد بشر در عرصهٔ علم به شمار می‌رود.» او فروتنانه توصیه می‌کرد که روی سنگ قبرش عبارت شاهزادهٔ گیاه شناسان نوشته شود. ابراز تردید در ارزیابی‌های سخاوتمندانهٔ او دربارهٔ خودش هیچ‌گاه عاقلانه به نظر نمی‌رسید.

کسانی که چنین می‌کردند سزاوار آن می‌شدند که نام‌شان بر گیاهان و علف‌های هرز گذاشته شود.

یک خصوصیت برجستهٔ دیگر لینه ــ که گاهی به شکلی تب‌آلود در می‌آمد ــ اشتیاقش به موضوعات جنسی بود. او به ویژه از تشابه بین برخی جانوران دو کفه‌ای و آلت جنسی زن در شگفت می‌شد. بخش‌هایی از یک گونهٔ صدف خوراکی را با واژه‌های *Vulva*، *Labia*، *Pubes* و *Anus* (فرج، لب‌های فرج، شرمگاه، و مقعد) نام‌گذاری کرد. او گیاهان را برحسب نوع اندام‌های جنسی‌شان گروه‌بندی

کرد و نوعی عاشق پیشگی انسان‌گونهٔ جالب برایشان قایل شد. توصیفاتش دربارهٔ گل‌ها و رفتار آن‌ها سرشار از اشارات گوناگون به «آمیزش بی‌بندوبار»، «معشوقه‌های نازا» و «بستر عروسی» بود. در عبارتی که غالباً از او نقل می‌شود، گفته است در بهار:

> عشق حتی به سراغ گیاهان می‌آید. نرها و ماده‌ها... جشن عروسی بر پا می‌کنند... و با اندام‌های جنسی خود نشان می‌دهند که کدام‌شان نر و کدام‌شان ماده هستند. برگ‌های گل، نقش بستر عروسی را به خود می‌گیرند، و خداوند نیز آن‌ها را چنین پرشکوه آراسته و پرده‌هایی چنین زیبا برای بسترشان فراهم آورده و با رایحه‌هایی چنین مطبوع آغشته‌شان کرده که داماد و عروس بتوانند عروسی خود را با چنان وقاری در آن جشن بگیرند. وقتی بستر بدین‌سان آماده شد زمان آن می‌رسد که داماد آغوش بگشاید و عروسش را دربر گیرد و خود را به او تسلیم کند.

او یک جنس از گیاهان را کلیتوریا (Clitoria) نامید که به معنی دارای اندام جنسی نعوذ کننده است. بی‌دلیل نیست که بسیاری از مردم او را غیرعادی می‌پنداشتند. ولی روش رده‌بندی او جالب و مقاومت‌ناپذیر بود. تا پیش از لینه، نام‌هایی عموماً توصیفی بر گیاهان نهاده می‌شد. گیاه معروف به عروسک چینی (*ground cherry*) با این عبارت توصیف می‌شد: *Physalis amno ramosissime ramis angulosis glabris foliis dentoserratis*. لینه این عنوان طولانی را به *Physalis angulata* (کاکنج) خلاصه کرد که تا امروز نیز به همان نام نامیده می‌شود. دنیای گیاهی نیز بر اثر ناهماهنگی‌ها و ناسازگاری‌های ناشی از نامگذاری دستخوش اختلاف شده بود. هیچ گیاه‌شناسی نمی‌توانست با اطمینان بگوید که گیاه *Rosa Sylvestris alba cum rubore, folio glabro* همان گیاهی است که دیگران آن را *Rosa Sylvestris inodura seu canina* می‌نامند. لینه این سردرگمی را با انتخاب عنوان *Rosa canina* (گل سرخ جنگلی) برای آن از میان برداشت. برای آن‌که حذفیات برای همگان مفید و پذیرفتنی شود، به چیزی بس فراتر از قاطعیت نیاز بود. پیدا کردن خصوصیات برجستهٔ هرگونهٔ گیاهی به یک غریزه ــ یا دقیق‌تر، به یک نبوغ ــ نیاز داشت.

روش رده‌بندی لینه چنان جا افتاده و رسمیت یافته است که به سختی بتوان جایگزینی برای آن تصور کرد، اما روش‌های رده‌بندی پیش از لینه، شدیداً از روی بلهوسی تدوین می‌شدند. جانوران را می‌شد باتوجه به وحشی یا اهلی

بودن، آبزی یا خشکی‌زی بودن، بزرگ یا کوچک بودن، حتی باتوجه به زیبا یا زشت بودن یا بی اهمیت بودن‌شان طبقه‌بندی کرد. بوفون، جانورانش را بر حسب سودمندی‌شان برای انسان طبقه‌بندی می‌کرد. در اینجا به ندرت می‌توان اثری از ملاحظات کالبدشناسی مشاهده کرد. لینه سامان‌دهی این کمبودها و نواقص از طریق رده‌بندی هر موجود زنده با توجه به خصوصیات فیزیکی آن را هدف یک عمر تلاش خویش قرار داد. تاکسونومی (Taxonomy) ـ یا علم طبقه‌بندی ـ هیچ‌گاه به گذشته نظر نداشته است.

البته چنین کاری، به زمانی بس طولانی نیاز داشت. نخستین ویرایش کتاب بزرگ لینه *Systema Naturae* (دستگاه طبیعت) در سال ۱۷۳۵ فقط چهارده صفحه داشت. اما روز به روز بر تعداد صفحاتش افزوده شد تا آنکه در ویرایش دوازدهم ـ آخرین ویرایشی که در زمان حیات لینه منتشر شد ـ به سه مجلد و ۲,۳۰۰ صفحه رسید. در پایان، او نزدیک به ۱۳,۰۰۰ گونهٔ گیاهی و جانوری را نام‌گذاری و ثبت کرده بود. آثار و کارهای بعدی، جامع‌تر بودند ـ کتاب سه جلدی جان ری به نام تاریخ عمومی گیاهان (*Historia Generalis Plantarum*) که در انگلستان و یک نسل پیش تکمیل شده بود دست کم فقط در حدود ۱۸,۶۲۵ گونهٔ گیاهی را شامل می‌شد ـ اما آنچه لینه داشت و هیچ کسی نمی‌توانست به آن دست یابد انسجام، نظم، سادگی، و زمان‌شناسی بود. با آنکه کتاب لینه در دههٔ ۱۷۳۰ انتشار یافت، در انگلستان فقط در دههٔ ۱۷۶۰ بود که به شهرت رسید و لینه را بموقع در مقام پدر طبیعت‌شناسان بریتانیایی قرارداد. روش رده‌بندی لینه در هیچ‌جا با همدلی دانشمندان بریتانیا مواجه نشد (به همین دلیل است که انجمن لینه به جای استکهلم در لندن تاسیس شد).

لینه به هیچ وجه انسانی بی‌عیب و نقض نبود. او در رده‌بندی خود برای جانوران افسانه‌ای و «انسان‌های هیولاوار» نیز که توصیف‌شان را خوش‌باورانه از زبان ملوانان و قول دیگر سیاحان تخیلی می‌پذیرفت جایی در نظر گرفت. از جملهٔ چنین موجوداتی می‌توان به انسانی وحشی به نام Homo ferus اشاره کرد که گویا روی چهار دست و پا راه می‌رفت و هنوز با فن سخنگویی آشنا نشده بود، و دیگری Homo Caudatus (یا «انسان دُم‌دار») بود. اما نباید فراموش کرد که روزگار لینه بر روی هم عصر ساده‌لوحی و زودباوری‌ها بود. حتی جوزف بنکس بزرگ

نیز شدیداً به شنیده‌های نقل شده دربارهٔ وجود پری‌های دریایی در ساحل اسکاتلند در اواخر سدهٔ هیجدهم باور داشت. لیکن بخش بزرگی از لغزش‌های لینه با رده‌بندی محکم و غالباً درخشان او جبران می‌شد. لینه در میان دیگر دستاوردهایش معتقد بود که وال‌ها به تیرهٔ جانورانی چون گاو، موش، و سایر جانوران خاکی در راستهٔ چارپایان (بعدها پستانداران) تعلق دارند، که پیش از او هیچ کسی چنین سخنی به زبان نیاورده بود.

لینه در آغاز بر آن بود که برای هر گیاه یک نام جنس و یک عدد ـ Convolvulus 1 (نیلوفریان ۱)، نیلوفریان ۲، و غیره ـ اختصاص دهد اما به زودی متوجه شد که این کار درست نیست و به همین دلیل به سراغ روش نام‌گذاری دو بخشی رفت که تا امروز به عنوان قلب تپندهٔ این روش رده‌بندی بر جا مانده است. هدف اصلی لینه در آغاز، استفاده از روش نام‌گذاری دو بخشی برای همه چیز ـ سنگ‌ها، کانی‌ها، بیماری‌ها، بادها و هر آن چیز موجود در طبیعت ـ بود. همهٔ دانشمندان از این روش استقبال نکردند. بسیاری از ایشان از گرایش روش مذکور به بی‌ظرافتی برآشفتند و آن را عامیانه اعلام کردند زیرا اسامی رایج برای بسیاری از گیاهان و جانوران تا پیش از اعلام رده‌بندی لینه، عمیقاً عامیانه بودند. گیاه قاصدک از سال‌ها پیش به دلیل خواص ظاهراً ادرارآورش Pissabed (ادرار در رختخواب) نامیده می‌شد، و دیگر اسامی رایج بین مردم عبارت بودند از *mare's fart* (گوز ماده الاغ)، *naked ladies* (بانوان برهنه)، *twitch-ballock* (پرش خایه)، *hound's piss* (شاش سگ شکاری)، *open arse* (کون برهنه) و *bum-towel* (حولهٔ کون خشک کنی). یک یا دو نام از آن میان ممکن است تصادفاً در زبان انگلیسی امروزی باقی مانده باشد. مثلاً واژهٔ maidenhair (پرسیاوشان) در عنوان maidenhair moss (خزهٔ پرسیاوشان) اشاره‌ای به وجود hair (مو) در کلهٔ maide (دوشیزه) نیست. به هر حال، از سال‌ها پیش چنین احساس می‌شد که علوم طبیعی به طرز قابل قبولی با ده-دوازده تجدید نام‌گذاری کلاسیک به مقام والای خود دست پیدا می‌کند. به همین دلیل، وقتی معلوم شد که این شاهزادهٔ خود خواستهٔ گیاه‌شناسی تمام متن‌هایش را با اصطلاحاتی چون Clitoria (نعوذ کنندگان)، Fornicata (زنا کاران)، و Vulva (فرج) انباشته است، شدیداً مایهٔ نومیدی شد.

با گذشت سال‌ها، بسیاری از این نام‌ها بی سر و صدا کنار گذاشته شدند

(البته نه تمامی آن‌ها: صدف زورقی شکل، هنوز در برخی مواقع رسمی به *Crepidula fornicata* پاسخ می‌دهد) و بسیاری ریزه‌کاری‌های دیگر همزمان با تخصصی‌تر شدن نیازهای علوم طبیعی در آن راه یافتند. بویژه آنکه، رده‌بندی لینه با افزایش تدریجی چند سلسله مراتب اضافی بر آن تقویت شد. جنس (*genus* یا صورت جمع آن *genera*) و گونه (*species*) بیش از یک سده پیش از عصر لینه توسط طبیعت شناسان به‌کار گرفته شده بودند، و اصطلاحات راسته (*order*)، طبقه یا رده (*class*) و تیره (*family*) با معانی زیست‌شناختی خود، تماماً در دهه‌های ۱۷۵۰ و ۱۷۶۰ به‌کار گرفته شدند. اما شاخه (*phylum*) تا سال ۱۸۷۶ ساخته نشده بود (تا آنکه در آن سال توسط ارنست هکل آلمانی ابداع شد)، و تیره و راسته نیز غالباً تا اوایل سدهٔ بیستم به جای یکدیگر به کار برده می‌شدند. جانور شناسان، تا مدت‌ها از اصطلاح تیره در مواردی استفاده می‌کردند که گیاه شناسان اصطلاح راسته را به جای آن قرار می‌دادند و گاهی موجب آشفتگی تک تک افراد می‌شدند.*

لینه دنیای جانوری را به شش رده تقسیم کرده بود: پستانداران، خزندگان، پرندگان، ماهیان، حشرات، و کرم‌ها برای هر موجودی که در هیچ یک از پنج ردهٔ نخست نمی‌گنجید. از همان آغاز، معلوم بود که قراردادن خرچنگ و میگو در یک رده با کرم‌ها پذیرفتنی نیست، و انواع رده‌های جدید مانند نرم‌تنان و سخت پوستان نیز ابداع شدند. متاسفانه این رده بندی‌های جدید از ملتی به ملتی دیگر یکنواخت به کار برده نمی‌شدند. بریتانیایی‌ها ضمن تلاش برای بازگرداندن نظم به این رده‌بندی‌ها در سال ۱۸۴۲ مجموعه قواعد جدیدی را با نام آیین‌نامه استریکلند (Stricландian Code) انتشار دادند اما فرانسوی‌ها این کار را برای خودشان سنگین دیدند، و انجمن جانورشناسی فرانسه (Societe Zoologique) با انتشار آیین‌نامه‌ای متضاد، با آن به مقابله برخاست. در این ضمن، انجمن پرنده‌شناسی آمریکا به دلایلی نامعلوم تصمیم گرفت از ویرایش ۱۷۵۸ کتاب

---

* به عنوان مثال، انسان‌ها در قلمرو یوکاریا (eucarya)، سلسلهٔ جانوران، شاخهٔ طنابداران، زیرشاخهٔ مهره‌داران، ردهٔ پستانداران، راستهٔ نخستیان، تیرهٔ انسان‌وارها، جنس انسان (*homo*)، گونهٔ اندیشه‌ورز (*sapiens*) قرار می‌گیرند. (شنیده‌ام که روش معمول برای مشخص ساختن اصطلاحات جنس و گونه آن است که آن‌ها را در زبان انگلیسی با حروف ایتالیک یا خیمده نشان دهیم، اما این اصل در تقسیم‌بندی‌های بالاتر به کار نمی‌رود.) برخی از دانشمندانِ رده‌بندی از تقسیمات ریزتری چون طایفه، زیرراسته (suborder)، فروراسته (infraorder)، نوراسته (parvorder) و غیره استفاده کرده‌اند.

دستگاه طبیعت لینه به عنوان شالوده‌ای برای تمام نام‌گذاری‌های خود استفاده کند نه از ویرایش ۱۷۶۶ که در جاهای دیگر به کار گرفته می‌شد. این کار بدان معنی بود که بسیاری از پرندگان آمریکایی، سدهٔ نوزدهم را به صورت ثبت شده در میان جنس‌های گوناگون عموزاده‌های‌شان در اروپا گذراندند. طبیعت‌شناسان سرانجام در سال ۱۹۰۲ یعنی زمان تشکیل اجلاس زودرس کنگرهٔ بین‌المللی جانورشناسی، روحیه‌ای سازش پذیرانه از خود نشان دادند و آیین نامه‌ای جهانی را به تصویب رساندند.

رده‌بندی گاهی به عنوان یک علم و گاهی به عنوان یک هنر توصیف شده است، اما واقعیت آن است که رده‌بندی یک نبردگاه است. حتی امروز، دامنهٔ آشفتگی‌های این رده‌بندی بمراتب بیش از آن است که خیلی‌ها درک می‌کنند. مثلاً ردهٔ شاخه یعنی تقسیم‌بندی توصیف کنندهٔ طرح‌های پایهٔ بدن تمام موجودات زنده را در نظر بگیرید. تعداد انگشت‌شماری از شاخه‌ها معمولاً خیلی خوب شناخته شده‌اند، مانند نرم‌تنان (بودگاه صدف‌های خوراکی و حلزون‌ها)، بندپایان (حشرات و سخت‌پوستان)، و طنابداران (شامل انسان و تمامی دیگر جانوران دارای ستون مهره‌ها و پیش مهره)، اما از آن بعد همه چیز به سرعت در جهت ابهام به پیش می‌رود. در میان جانوران اخیر می‌توان آرواره‌دهانان (Gnathostomulida)، نخ کیسه داران (Cnidaria، مانند ماهی ژلاتینی، مدوساها یا نسل متحرک مرجان‌ها، شقایق‌های دریایی، و مرجان‌ها) و استوانه سانان (Priapulida) ظریف (مانند «کرم‌های آلت کوچولو») را در فهرست قرار داد. این تقسیم‌بندی‌ها، چه مأنوس باشند چه نباشند، تقسیم‌بندی‌هایی بنیادی هستند. اما آنچه موجب شگفتی می‌شود این است که توافق چندانی در مورد تعداد شاخه‌های موجود در حال حاضر یا شاخه‌های الزامی وجود ندارد. اغلب زیست شناسان، جمع کل آن‌ها را در حد سی شاخه قرار می‌دهند اما برخی به عددی کوچکتر در حد بین بیست و سی معتقدند، در حالی که ادوارد ا. ویلسُن در کتاب تنوع حیات (*Diversity of Life*) این رقم را تا حد باور نکردنی هشتاد و نه شاخه بالا می‌برد. کل موضوع به این بستگی دارد که در کجا برای این تقسیم‌بندی‌ها

تصمیم‌گیری شود، به قول زیست‌شناسان در کجا «انباشتگر» باشیم (آرایه‌های بزرگ ایجاد کنیم) یا «شکافنده» (آرایه‌های بسیار خُرد ایجاد کنیم).

در سطح کسل کننده و یکنواخت گونه‌ها، امکان بروز اختلاف نظر از این هم بیشتر می‌شود. اینکه فلان گونهٔ علف *Aegilops incurva* نامیده شود یا *Aegilops incurvata* یا *Aegilops ovata* ممکن است موضوعی هیجان‌انگیز برای یک غیرگیاه‌شناس به شمار نیاید، اما در جای خودش می‌تواند به سرچشمه‌ای برای بحث داغ و طولانی تبدیل شود. مشکل در اینجا است که در جهان نزدیک به پنج هزار گونهٔ علف وجود دارد و بسیاری از آن‌ها حتی برای افراد علف‌شناس، شدیداً به یکدیگر شباهت دارند. در نتیجه، برخی از گونه‌ها دست کم بیست بار توسط افراد مختلف یافت شده و نام‌گذاری شده‌اند، و از ظاهر امر چنین پیداست که هیچ گونهٔ تنهایی وجود ندارد که دست کم دو بار مستقلاً شناسایی نشده باشد. در کتاب دو جلدی راهنمای علف‌های ایالات متحد آمریکا *(Manual of the Grasses of the United States)* دویست صفحه با حروفچینی فشرده به مرتب‌سازی تمام هم معنایی‌ها اختصاص داده شده است، چون دنیای زیست‌شناسی به دوباره کاری‌های سهوی اما کاملاً رایج آن مراجعه می‌کند. تازه، این فقط در مورد علف‌های یک کشور واحد است.

برای از میان برداشتن ناهماهنگی‌های موجود در عرصهٔ جهانی، انجمنی با نام انجمن بین‌المللی رده‌بندی گیاهی (International Association for Plant Taxonomy) در مورد مسایل اولویت و دوباره کاری‌ها داوری می‌کند و رأی می‌دهد. در فواصل بین تشکیل جلسات، مصوبه‌هایی صادر و اعلام می‌کند که *Zauschneria Californica* (گیاهی فراوان در باغ‌های صخره‌ای) قرار است از این پس با عنوان *Epilobium canum* شناخته شود یا آنکه *Aglaothamnion tenuissimum* را از این پس می‌توان با *Aglaothamnion byssoides* همگونه دانست، اما نه با *Aglaothamnion pseudobyssoides*. معمولاً، این موارد از جمله مسایل پیش پا افتاده و جزیی مرتب‌سازی هستند که توجه چندانی را به خود جلب نمی‌کنند، اما وقتی موضوع با گیاهان دوست داشتنی باغچه‌ای ارتباط پیدا می‌کند، همچنان که گاهی پیش می‌آید، خشم عده‌ای را به دنبال خود می‌آورد. در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ داودی معمولی *(Common chrysanthemum)* از جنسی با همان نام (ظاهراً بر اساس اصول

محکم علمی) اخراج شد و به دنیای نسبتاً یکنواخت و نامطلوب جنس *Dendrathema* سپرده شد.

پرورش دهندگان داودی، گروهی مغرور و پرشمار هستند، و به کمیتهٔ واقعی و گرچه نامحتمل نمای اسپرماتوفیتا اعتراض کردند. (برای سرخس گیاهان، خزه گیاهان، و قارچ‌ها نیز کمیته‌هایی وجود دارند که از جمله وظایف ایشان می‌توان به گزارش دادن‌شان به یک مقام اداری به نام مخبر کل اشاره کرد؛ این نهاد، چنان است که حقیقتاً باید تقویت شود.) با آنکه فرض می‌شود قواعد نام‌گذاری دقیقاً به کار بسته می‌شوند، گیاه شناسان در برابر احساسات دیگران بی‌تفاوت نیستند، به طوری که تصمیم مزبور در سال ۱۹۹۵ پس گرفته شد. داوری‌های مشابهی به نجات اطلسی، شمشاد، و گونهٔ معروفی از شمعدانی وحشی انجامید که سال‌ها پیش در میان داد و بیدادهای بسیار به جنس شمعدانی (*Pelagonium*) انتقال پیدا کرد. این گونه مشاجرات به طرز جالبی در کتاب چارلز الیت به نام گزارش‌های انبار باغ (*The Potteing Shed Papers*) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مشاجرات و سامان دهی‌هایی تقریباً مشابه اینها را می‌توان در تمام دیگر قلمروهای حیات مشاهده کرد و به همین دلیل، نگهداشتن حساب و کتاب کلی، آن‌چنان که برخی‌ها ممکن است تصور کنند، کار ساده‌ای نیست. در نتیجه، واقعیت حیرت‌آور آن است که ما به گفتهٔ ادوارد ا. ویلسن کوچکترین تصوری ـ «حتی تا نزدیکترین درجهٔ بزرگی ـ از تعداد موجوداتی که در کرهٔ خاکی ما زندگی می‌کنند نداریم. این تعداد بر طبق برآوردهای انجام شده بین ۳ میلیون تا ۲۰۰ میلیون متغیر است. از آن حیرت‌انگیزتر، بر طبق گزارش انتشار یافته در مجلهٔ اکونومیست این است که احتمالاً چیزی در حدود ۹۷ درصد گونه‌های گیاهی و جانوری جهان تاکنون کشف نشده‌اند.

از موجودات زنده‌ای که بشر اطلاعاتی دربارهٔ آن‌ها دارد، بیش از ۹۹ در هر صد مورد فقط به طور سطحی توصیف شده‌اند ـ ویلسن در توصیف وضعیت اطلاعات ما می‌گوید «یک نام علمی، مشتی نمونه در یک موزه، و چند تکه گزارش توصیفی در مجلات علمی.» در کتاب تنوع حیات، او تعداد تمام انواع گونه‌های شناخته شده ـ گیاهان، حشرات، میکروب‌ها، جلبک‌ها، همه چیز ـ را در حد ۱/۴ میلیون تخمین می‌زند ولی به دنبال آن می‌افزاید که این رقم فقط یک

حدس است. پژوهندگان دیگر، تعداد گونه‌های شناخته شده را اندکی بیش از این و چیزی در حدود ۱/۵ میلیون تا ۱/۸ میلیون اعلام کرده‌اند، اما هیچ دفتر کل مرکزی برای ثبت این چیزها و نتیجتاً هیچ محلی برای بررسی یا تأیید درستی تعداد گونه‌ها وجود ندارد. خلاصهٔ کلام آنکه وضعیت حساس و جالب توجه کنونی ما بدان معنی است که ما عملاً نمی‌دانیم در واقع چه چیزهایی را می‌دانیم.

اصولاً هر انسانی باید بتواند به کارشناسان هر رشتهٔ تخصصی مراجعه کند، از آن‌ها بپرسد که تعداد گونه‌های موجود در رشتهٔ آن‌ها چندتا است، و سپس جمع کل اعلام شده را با هم جمع کند. در واقع، بسیاری افراد چنین کرده‌اند. مشکل اینجا است که به ندرت می‌توان دو نفر را پیدا کرد که به ارقامی سازگار رسیده باشند. تعداد قارچ‌های شناخته شده را در برخی منابع ۷۰,۰۰۰ و در برخی دیگر ۱۰۰,۰۰۰ اعلام کرده‌اند که به معنی افزایشی تقریباً ۵۰ درصدی است. می‌توان با ادعاهایی محکم در مورد اینکه رقم مزبور ۱۲۰,۰۰۰ است روبه رو شد. در مورد حشرات، ارقام موجود از ۷۵۰,۰۰۰ تا ۹۵۰,۰۰۰ گونه در نوسان است. البته، همچنان که می‌دانید، فرض بر این است که این ارقام به گونه‌های شناخته شده مربوط می‌شوند. در مورد گیاهان، تعدادی که عموماً پذیرفته می‌شود از ۲۴۸,۰۰۰ تا ۲۶۵,۰۰۰ در نوسان است. اختلاف اخیر ممکن است چندان زیاد نباشد اما بیش از بیست برابر گیاهان گلدار موجود در سراسر آمریکای شمالی است.

مرتب کردن موجودات زنده، آسان‌ترین کار جهان نیست. در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ کالین گرووز از دانشگاه ملی استرالیا بررسی طبقه‌بندی شدهٔ بیش از ۲۵۰ گونه از نخستی‌های شناخته شده را آغاز کرد. غالباً معلوم می‌شد که همان گونه‌ها بیش از یک بار ـ گاهی چندین بار ـ توصیف شده‌اند بی‌آنکه هیچ یک از کاشفان آن‌ها پی ببرند که با جانوری سر و کار دارند که قبلاً توسط دنیای علم شناسایی شده است. گرووز برای باز کردن تمام گره‌ها و مرتب کردن گروه نسبتاً کوچکی از موجودات زنده‌ای که به سادگی قابل تشخیص بودند و عموماً اختلاف نظری دربارهٔ آن‌ها وجود نداشت بیش از چهار دهه از عمرش را اختصاص داد. خدا می‌داند اگر کسی دیگر می‌خواست کاری مشابه این را برای تعداد تقریبی ۲۰,۰۰۰ گونه گلسنگ، ۵۰,۰۰۰ گونه نرم تن یا ۴۰۰,۰۰۰ و چندی سوسک جهان

انجام دهد به چه نتایجی می‌رسید.

آنچه به یقین می‌توان پذیرفت گستردگی دامنهٔ حیات در جهان است، هر چند مقادیر واقعی در عمل، تخمین‌هایی مبتنی بر استنباط هستند. در دههٔ ۱۹۸۰، تری اروین در انستیتوی اسمیثسونین در آزمایشی معروف، یک غرفهٔ ساخته شده از ۱۹ درخت متعلق به جنگل بارانی پاناما را با یک کف حشره‌کش اشباع کرد، سپس هر آنچه را که از چوب‌های مذکور به درون تورهایش می‌ریخت گردآوری کرد. در میان گنج (یا به عبارتی گنج‌ها، چون این آزمایش را در هر فصل تکرار کرد تا از به دام افتادن گونه‌های مهاجر نیز مطمئن شود) حاصل از این آزمایش ۱۲۰۰ نوع سوسک به چشم می‌خورد. باتوجه به پراکندگی سوسک‌ها در جاهای دیگر، تعداد دیگر گونه‌های درخت در جنگل، تعداد جنگل‌های جهان، تعداد دیگر انواع حشرات، و مانند اینها در زنجیرهٔ طولانی متغیرها، او رقم ۳۰ میلیون گونه حشره را برای کل سیارهٔ ما برآورد کرد ــ و این رقم را بعدها خیلی محافظه کارانه اعلام کرد. پژوهندگان دیگر با استفاده از همان اطلاعات یا اطلاعاتی مشابه آن، به ارقام ۱۳ میلیون، ۸۰ میلیون، یا ۱۰۰ میلیون گونه حشره رسیدند و این نتیجه‌گیری را تأیید کردند که ارقام مذکور با اعمال هر دقتی که به دست آمده باشند قطعاً به یک اندازه مدیون حدس و علم هستند.

بر طبق مقاله‌ای که در نشریهٔ وال استریت جورنال انتشار یافت، در جهان امروز «در حدود ۱۰,۰۰۰ متخصص فعال رده‌بندی» وجود دارند ــ که در مقایسه با تعداد موجودات زندهٔ منتظر ثبت، رقم چندان بزرگی نیست. اما همین نشریه در ادامهٔ مقاله می‌افزاید به علت سنگینی هزینه و کارهای دفتری لازم، هر سال فقط پانزده هزار گونهٔ جدید از تمام انواع ثبت می‌شوند.

کوئن مایس رییس بلژیکی-تبار بخش بی‌مهرگان در موزهٔ ملی کنیا در نایروبی، ضمن ملاقات کوتاهی که در پاییز سال ۲۰۰۲ با وی داشتم، می‌گوید: «ما نه با بحران تنوع زیستی بلکه با بحران متخصصان رده‌بندی مواجه‌ایم.» به من گفت: «در سراسر قارهٔ افریقا حتی یک متخصص رده‌بندی وجود نداشت. البته یک نفر در ساحل عاج بود، که گمان می‌کنم او هم بازنشسته شد.» تربیت کردن هر متخصص رده‌بندی به

چیزی در حدود ۸ تا ۱۰ سال زمان نیاز دارد. اما هیچ یک از ایشان راهی افریقا نمی‌شوند. مایس می‌افزاید: «اینها همگی فسیل‌های واقعی‌اند.» خود مایس نیز قرار بود در پایان سال ۲۰۰۲ از کار کناره‌گیری کند. پس از هفت سال خدمت در کنیا، قرارداد خدمتش تمدید نمی‌شد. در توضیح می‌گوید: «پول ندارند.»

سال گذشته، ج. هـ گادفری ضمن نوشتن مقاله‌ای در مجلهٔ نیچر متذکر شد که نوعی «فقدان حیثیت و منابع» برای متخصصان رده‌بندی در همه جا وجود دارد. در نتیجه، «بسیاری از گونه‌ها به طور ناقص در نشریات پراکنده توصیف می‌شوند و هیچ کوششی برای ارتباط برقرار کردن بین یک ردهٔ* جدید با گونه‌ها و رده‌بندی‌های جدید به عمل نمی‌آید.» گذشته از این، بخش بزرگی از وقت متخصصان رده‌بندی نه در راه توصیف گونه‌های جدید بلکه صرفاً در راه مرتب سازی گونه‌های قدیمی صرف می‌شود. به گفتهٔ گادفری، بسیاری از ایشان «بخش عمدهٔ عمرشان را در تلاش برای تفسیر کار متخصصان رده‌بندی سدهٔ نوزدهم صرف می‌کنند: واسازی دوبارهٔ توصیف‌های غالباً ناکافی آن‌ها یا در نوردیدن موزه‌های جهان برای پیدا کردن مدارکی پیش پا افتاده که غالباً در وضعیتی بسیار ناگوار به سر می‌برد.» گادفری به ویژه بر عدم توجه کافی به امکانات مرتب‌سازی در اینترنت تأکید می‌کند. واقعیت آن است که رده‌بندی، بر روی هم، هنوز به طرز جالبی گرفتار کاغذ است.

کوین کِلی در تلاش برای انتقال مسایل به عصر جدید، در سال ۲۰۰۱ به دنبال بر هم زدن تشکیلات مجلهٔ *Wired*، موسسه‌ای به نام بنیاد همهٔ گونه‌ها (All Species Foundation) دایر کرد که هدفش یافتن تک تک موجودات زنده و ثبت مشخصات آن‌ها در یک بانک اطلاعاتی بود. هزینهٔ یک چنین آزمایشی، در حدود رقمی از ۲ میلیارد تا ۵۰ میلیارد دلار برآورد شده است. در بهار سال ۲۰۰۲، بودجه‌ای معادل ۱/۲ میلیون دلار به اضافهٔ چهار کارمند تمام وقت در اختیار این بنیاد بود. همچنان که از اعداد و ارقام استنباط می‌شود، اگر قرار باشد احتمالاً ۱۰۰ میلیون گونهٔ حشرات را در آینده کشف کنیم، و اگر شتاب کشف این

---

* taxon تاکسون (جزء نخست اصطلاح taxonomy به معنی رده‌بندی) واژه‌ای رسمی برای توصیف هر ردهٔ جانورشناسی مانند شاخه یا جنس است. صورت جمع آن taxa است.

گونه‌ها با سرعت کنونی ادامه یابد، جمع کل زمان لازم برای کشف این تعداد حشرات کمی از پانزده هزار سال فراتر خواهد رفت. باقی ماندۀ سلسلۀ جانوران ممکن است به مدت زمانی طولانی‌تر از این نیاز داشته باشد.

بنابراین، چرا دانش ما دربارۀ موجودات زنده تا این اندازه اندک است؟ تعداد دلایل، تقریباً با تعداد جانورانی که منتظر شمارش مانده‌اند برابر است، اما در اینجا به برخی از دلایل اصلی اشاره می‌کنیم:

**اغلب موجودات زنده، جثه‌ای کوچک دارند و به سادگی از نظر می‌افتند.**
از دیدگاه علمی، همیشه چیز بد وجود ندارد. اگر می‌دانستید که تشک‌تان آسایشگاه چیزی در حدود دو میلیون کِرم ریزه است که در نخستین ساعات پس از خوابیدن شما از آن خارج می‌شوند تا نم‌نم به خوردن لکه‌های چربی پوست و خرده‌های دوست داشتنی و خشک پوست‌تان بپردازند که به دنبال بلند شدن خر و پف و غلتیدن شما از بدن‌تان جدا می‌شوند چه می‌کردید؟ فقط در بالش شما ممکن است چهل هزار کرم ریز آشیانه کرده باشند. (کلۀ شما برای موجودات، حکم یک تکه شکلات چرب بزرگ را دارد.) و گمان نکنید که استفاده از روبالشی تمیز تغییری در این وضع خواهد داد. برای موجودی چون کرم‌های ریز رختخواب، بافت فشرده‌ترین پارچۀ دست بشر، حکم طناب و بادبان دکل کشتی‌ها را پیدا می‌کند. به عبارت دقیق‌تر، اگر شش سال از عمر بالش‌تان گذشته باشد ـ که ظاهراً برابر است با عمر متوسط بالش مورد استفادۀ ما ـ برآورد کرده‌اند که یک دهم وزن آن را «خرده پوست جدا شده، کرم‌های ریز زنده، کرم‌های ریز مرده و تاپالۀ این کرم‌ها تشکیل خواهد داد» دکتر جان ماوندر از مرکز حشره‌شناسی بریتانیا، نخستین انسانی بود که موارد یاد شده را اندازه‌گیری کرد. (اما جای شکرش باقی است که این کرم‌های ریز به خود شما تعلق دارند. حالا فکر کنید هر بار که در تختخواب یک هتل می‌خوابید به چه جای امنی پناه می‌برید.)* این کرم‌های ریز از روزگاران بس کهن با انسان همراه بوده‌اند، اما

* وضع انسان در برخی از زمینه‌های بهداشت فردی و اجتماعی، روز به روز بدتر می‌شود. دکتر ماوندر معتقد است که حرکت به سوی استفاده از پودرهای لباسشویی با دمای پایین، به تکثیر هر چه بیشتر این گونه حشرات دامن زده است. به گفتۀ او: «اگر لباس شپش‌دار را در دمای پایین بشویید تنها چیزی که به دست می‌آید شپش‌های پاکیزه‌تر است.»

کشف آن‌ها در سال ۱۹۶۵ تحقق یافت.

اگر برخی موجودات زندهٔ خیلی نزدیک به انسان مانند کرم‌های ریز بستر تا آغاز عصر تلویزیون رنگی از دید انسان پنهان ماندند، هیچ جای شگفتی نیست اگر گفته شود که بخش بزرگی از دنیای موجودات دارای مقیاس ریز به قدر کافی بر ما شناخته نشده است. اگر برخیزید و به جنگل بروید ـ هر جنگلی که دلتان می‌خواهد ـ خم شوید و یک مشت خاک بردارید، چیزی در حدود ۱۰ میلیارد باکتری را در دست خواهید داشت که بیشترشان در دنیای علم امروزی ناشناخته‌اند. این نمونه، احتمالاً حاوی یک میلیون مخمر چاق و چله، نزدیک به ۲۰۰,۰۰۰ قارچ مودار کوچولو به نام کپک، شاید ۱۰,۰۰۰ پروتوزوا (پیش زیان، که معروف‌ترین‌شان آمیب‌ها هستند)، و دست چینی از چرخه‌داران (rotifers)، کرم‌های پهن، کرم‌های گرد، و دیگر موجودات میکروسکپی که جمعاً cryptozoa (نهان زیان) نامیده می‌شوند. بخش بزرگی از اینها نیز ناشناخته خواهند بود. در جامع‌ترین کتاب راهنمای موجودات ذره‌بینی به نام *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* فهرستی از حدود ۴,۰۰۰ نوع باکتری درج شده است. در دههٔ ۱۹۸۰ دو دانشمند نروژی به نام‌های یوستاین گوکسویر و ویگدیس تورسویک یک گرم خاک را به طور تصادفی از جنگل درختان راش در نزدیکی آزمایشگاه‌شان در برگن برداشتند و به آزمایش دقیق باکتری‌های موجود در آن پرداختند. آن‌ها دریافتند که فقط در این یک نمونه چیزی در حود ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ گونهٔ مجزای باکتری وجود دارد که از کل باکتری‌های فهرست شده در کتاب *Berge's Manual* بیشتر است. سپس به منطقه‌ای ساحلی در فاصلهٔ چند مایلی آزمایشگاه‌شان رفتند، یک گرم دیگر از خاک آنجا را برداشتند و متوجه شدند که این نمونه نیز شامل ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ گونهٔ دیگر است. همچنان که ادوارد ا. ویلسن می‌گوید: «اگر در دو گرم خاک به دست آمده از دو نقطهٔ نروژ چیزی در حدود بیش از ۹۰۰۰ نوع باکتری وجود دارند پس در دیگر زیست بوم‌های اساساً متناوب چند تای دیگر در انتظار کشف شدن هستند؟» حقیقت آن است که در پاسخ به این پرسش باید گفت چیزی در حدود ۴۰۰ میلیون.

**ما در نقاط مرتبط به جستجو نمی‌پردازیم.** ویلسن در کتاب تنوع حیات

توضیح می‌دهد که چگونه یک گیاه‌شناس، چند روزی از عمرش را صرف پیاده پیمودن پیرامون یک جنگل ده هکتاری بورنئو کرد و نزدیک به هزار گونهٔ جدید گیاهان گلدار را کشف کرد ـ یعنی بیش از کل گیاهان گلدار موجود در آمریکای شمالی. پیدا کردن این گیاهان به هیچ وجه سخت نبود. علتش آن است که تا آن زمان کسی در آن نقاط به دنبال چنین چیزی نگشته بود. کوئن مایس از موزهٔ ملی کنیا به من گفت که یک بار به یکی از جنگل‌های پوشیده از ابر (جنگل‌های واقع در قلهٔ کوه‌های کنیا) رفت و به فاصلهٔ نیم ساعت «جستجوی نسبتاً عادی،» چهار گونهٔ جدید از هزارپاییان پیدا کرد که سه تای آن‌ها نمایندهٔ جنس‌های جدید بودند، به اضافهٔ یک گونهٔ جدید درخت. می‌گفت «درخت بزرگ» و برای آنکه بزرگی درخت را نشان دهد دو بازویش را به قدری از هم گشود که گویی می‌خواهد با رقصنده‌ای غول‌آسا برقصد. جنگل‌های پوشیده از ابر در نقاط مرتفع فلات‌ها واقع شده‌اند و به همین علت گاهی از میلیون‌ها سال پیش تاکنون دست کسی به آن‌ها نرسیده است. مایس می‌گفت: «آب و هوای این جنگل‌ها آب و هوای مطلوب علم زیست‌شناسی است و احتمال اینکه مطالعه‌ای در آن‌ها به سرانجام رسیده باشد بسیار بعید است.»

بر روی هم، جنگل‌های بارانی گرمسیری، فقط در حدود ۶ درصد از سطح کرهٔ زمین را می‌پوشانند ولی بیش از نیمی از جانوران و در حدود دو سوم گیاهان گلدار جهان را در خود جای می‌دهند، و بخش بزرگی از این عرصه‌های حیات هنوز ناشناخته مانده است زیرا تعداد پژوهندگانی که بخواهند وقت‌شان را صرف چنین کاری کنند بسیار اندک است. از قضا، بخش بزرگی از این ناشناخته‌ها می‌تواند بسیار با ارزش باشد. گیاهان چون توان گریز از برابر شکارگران و طعمه خواران را ندارند، مجبور بوده‌اند به تدابیر دفاع شیمیایی متوسل شوند و به همین دلیل، به ویژه از لحاظ ترکیبات و مواد جذاب و مسحورکننده غنی شده‌اند. حتی امروزه نزدیک به یک چهارم تمام داروهای تجویزی فقط از چهل گیاه استخراج می‌شوند و ۱۶ درصد دیگر آن‌ها از جانوران یا میکروب‌ها به دست می‌آیند، بنابراین با قطع هر هکتار از درختان و گیاهان جنگل، خطر بزرگ از دست دادن امکانات بسیار سودمند دارویی ما را تهدید می‌کند. شیمی‌دان‌ها با استفاده از روشی که شیمی ترکیبی نامیده می‌شود، هر بار می‌توانند چهل هزار مادهٔ

مرکب در آزمایشگاه‌ها تولید کنند. اما اینها محصولاتی هستند که بر طبق برنامه‌ای خاص تولید نمی‌شوند و بسیار بی‌مصرف هستند، در حالی که هر مولکول طبیعی می‌بایست از فرآیندی گذشته باشد که نشریهٔ اکونومیست از آن با این عبارت یاد می‌کند: «برنامهٔ غربال نهایی: بیش از سه میلیارد و پانصد میلیون سال تکامل.»

جستجو برای پیدا کردن ناشناخته‌ها صرفاً به معنی سفر کردن به نقاط دور افتاده یا دور دست نیست. ریچارد فورتی در کتاب حیات: یک زندگینامهٔ غیرمجاز اشاره می‌کند به اینکه چگونه یک باکتری متعلق به روزگار باستان را روی دیوار یک میکدهٔ روستایی و در جایی یافت که «مردم از چندین نسل پیش در آنجا ادرار می‌کرده‌اند» ــ کشفی که متضمن مقادیر نایابی از خوش اقبالی و از خود گذشتگی و احتمالاً برخی خصوصیات ناگفتهٔ دیگر است.

**کارشناس به تعداد کافی وجود ندارد.** ذخیرهٔ چیزهایی که باید کشف، بررسی و ثبت شوند در اغلب موارد از تعداد دانشمندان و کارشناسان موجود برای انجام این کارها فراتر می‌رود. مثلاً موجودات جان سخت و کمتر شناخته شده‌ای را که چرخه‌داران زالووار (bdelloid rotifera) نامیده می‌شوند در نظر بگیرید. اینها جانورانی میکروسکپی هستند که می‌توانند تقریباً در هر شرایطی زنده بمانند. وقتی اوضاع خیلی دشوار شود آن‌ها خود را به صورت یک گلولهٔ فشرده در می‌آورند، فرآیند سوخت و سازشان را متوقف می‌سازند، و منتظر می‌مانند تا خطر بر طرف شود. در این حالت، می‌توان این جانوران را به داخل آب جوش انداخت، و تا حد صفر مطلق ــ یعنی تا جایی که حتی اتم‌ها از پا در می‌آیند ــ منجمد کرد، پس از خاتمه یافتن این عذاب و بازگشت آن‌ها به محیطی مطلوب‌تر، از حالت گلوله‌شدگی خارج می‌شوند و چنان به جنب و جوش در می‌آیند که گویی هیچ اتفاقی رخ نداده است. تا این تاریخ، چیزی در حدود ۵۰۰ گونه از این جانوران شناسایی شده‌اند (این تعداد در برخی منابع تا ۳۶۰ گونه کاهش می‌یابد)، اما هیچ پژوهنده‌ای به درستی نمی‌داند چه تعداد دیگری از آن‌ها ممکن است در آینده یافت شوند یا تعداد آن‌ها بر روی هم چندتا است. سال‌های سال، تقریباً تنها اطلاعات به دست آمده دربارهٔ آن‌ها حاصل کار دیوید برایس یک پژوهندهٔ علاقمند و کارمند ساکن لندن بود که در اوقات فراغت دربارهٔ

آن‌ها به مطالعه می‌پرداخت. این جانوران در سراسر کرهٔ زمین یافت می‌شوند، اما ما می‌توانیم تمام متخصصان چرخه‌داران زالووار جهان را به شام دعوت کنیم ولی ایشان را مجبور نکنیم بشقاب‌های غذاخوری را از همسایگان به عاریت بگیرند.

حتی چیزی به اهمیت و فراوانی قارچ‌ها ـ که این هر دو خصوصیت را دارند ـ در مقام مقایسه، چندان توجهی را به خود جلب نمی‌کند. قارچ‌ها در همه جا وجود دارند و شکل‌های گوناگون به خود می‌گیرند ـ مانند انواع قارچ‌های خوراکی، کپک، لکهٔ قارچی، خمیرمایه، و پف‌بال (puffball) به عنوان نمونه ـ و حجم آن‌ها نیز طوری است که غالباً در تصور نمی‌آید. اگر تمام قارچ‌های موجود در یک هکتار چمن را گردآوری کنید گمان نمی‌کنم وزن‌شان از ۱,۲۰۰ کیلوگرم بیشتر شود. این‌ها موجوداتی حاشیه‌ای نیستند. اگر قارچ نباشد از سفیدک سیب زمینی (potato blight)، بیماری خشکیدگی نارون، خارش ورزشکار یا عفونت قارچی انگشتان پا و نیز از ماست یا آبجو یا انواع پنیر نیز اثری نخواهد بود. بر روی هم در حدود ۷۰,۰۰۰ گونهٔ قارچ در جهان شناسایی شده‌اند اما تصور پژوهندگان بر این است که این رقم می‌تواند تا ۱,۸۰۰,۰۰۰ افزایش پیدا کند. گروه بزرگی از قارچ‌شناسان در صنایع مشغول به کارند و انواع پنیر و ماست و مانند اینها برای ما تولید می‌کنند، به همین دلیل به سادگی نمی‌توان گفت که چه تعدادی از ایشان دست اندرکار پژوهش هستند اما بدون هیچ تردیدی می‌توان چنین فرض کرد که تعداد گونه‌های قارچی که باید در آینده یافت شوند به‌مراتب از تعداد افراد آماده برای یافتن آن‌ها بیشتر است.

**جهان، جایی به راستی بزرگ است.** ما گول سفر هوایی و دیگر شکل‌های ارتباطی را خورده‌ایم و به این خیال افتاده‌ایم که گویا جهان به آن بزرگی‌ها هم که می‌گویند نیست، اما در سطح زمین یا جایی که پژوهندگان مجبورند در آن به کار بپردازند، به راستی بسیار بزرگ است ـ آنقدر بزرگ که سرشار از شگفتی‌ها است. امروزه معلوم شده است که اوکاپی (okapi، زرافهٔ گردن دراز) یا نزدیک‌ترین خویشاوند زرافهٔ امروزی، به تعداد بسیار زیاد در جنگل‌های بارانی زئیر زندگی می‌کند. ـ کل جمعیت آن در حدود سی هزار رأس برآورد می‌شود ـ با این حال تا سدهٔ بیستم هیچ کس تصور نمی‌کرد که چنین جانوری در کرهٔ زمین

باقی مانده باشد. پرندهٔ بزرگ و بی‌پرواز زلند جدید به نام تاکاهه (Takahe)، تا دویست سال پیش از پیدا شدنش در یکی از جزایر جنوبی آن کشور، موجودی انقراض یافته فرض می‌شد. در سال ۱۹۹۵ گروهی از دانشمندان فرانسوی و بریتانیایی در تبت، که راه‌شان را از میان دره‌ای دور افتاده در جریان توفان برف گم کرده بودند به نژادی از اسب به نام ریووچه (Riwoche) برخوردند که تا آن زمان فقط از روی نقاشی‌های غاری متعلق به دورهٔ پیش از تاریخ شناسایی شده بود. ساکنان دره وقتی شنیدند که این اسب در دیگر نقاط جهان موجودی نایاب تلقی می‌شود در شگفت شدند.

برخی از دانشمندان معتقدند که انسان ممکن است در آینده با شگفتی‌هایی به مراتب بزرگتر مواجه شود. مجلهٔ اکونومیست ضمن مقاله‌ای در سال ۱۹۹۵ چنین نوشت: «یک زیست‌ـنژادشناس بریتانیایی تصور می‌کند که مگاتریوم (megatherium) یا جانور تنبل (sloth) غول‌پیکر خاک‌زی، می‌تواند به اندازهٔ زرافه قد بکشد... در پناهگاه‌های حوضهٔ رود آمازون پنهان شود.» نکتهٔ مهم اینجاست که شاید عمداً نام این زیست‌ـنژاد شناس اعلام نمی‌شود؛ و مهم‌تر از آن اینکه شاید اصولاً چیزی دربارهٔ خود وی و تنبل غول‌پیکرش شنیده نشده است. اما هیچ کس نمی‌تواند با قطع و یقین بگوید که هیچ همچو چیزی وجود ندارد تا آنکه به هر فضای باز جنگل مانند سرکشی شود و تحقیقات مستقیم به عمل آید، که از این لحاظ نیز به این زودی‌ها نمی‌توان به چنان هدفی دست یافت.

اما حتی اگر هزاران محقق میدانی تربیت و به دور افتاده‌ترین نقاط جهان اعزام کنیم باز هم کفایت نخواهد کرد زیرا حیات در هر جایی که بتواند وجود داشته باشد وجود دارد. باروری خارق‌العادهٔ حیات حیرت‌انگیز و حتی شادی بخش است اما در عین حال مشکل آفرین نیز است. برای هر گونه کاوشی دربارهٔ حیات، مجبور می‌شوید هر تکه سنگی را از جایش بردارید، خرده ریزهای پراکنده در بستر هر جنگل را بررسی کنید، مقادیر غیر قابل تصوری از ماسه و خاک را الک کنید، خودتان را به زیر هر سایبان جنگلی برسانید و تدابیری به مراتب کارآمدتر برای مطالعه و شناسایی دریاها بیندیشید. حتی در چنین حالتی، برخی اکوسیستم‌ها را کلاً نادیده می‌گیرید. در دههٔ ۱۹۸۰، غارنوردان وارد غاری در کشور رومانی شدند که راه ورود به آن از تاریخ نامعینی به روی علاقمندان

بسته شده بود؛ آن‌ها در اینجا ۳۳ گونهٔ حشره و دیگر موجودات ریز ـ مانند انواع عنکبوت، هزارپا، و شپش ـ پیدا کردند که همگی نابینا و بی رنگ بودند و پیدا شدن‌شان برای جهان علم تازگی داشت. این موجودات با تغذیه از میکروب‌های انباشته در سطح کف آبگیرها به حیات خود ادامه می‌دادند و میکروب‌ها نیز از هیدروژن سولفورهٔ حاصل از چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کردند.

شاید غریزه به ما حکم کند که به دنبال مشاهدهٔ عدم امکان ردیابی هر چیزی تا رسیدن به سرخوردگی، نومیدی و شاید حتی وحشت‌زدگی برویم، اما مشاهدهٔ چنین کاری می‌تواند به طرز تحمل‌ناپذیری هیجان‌انگیز هم باشد. ما در سطح کره‌ای زندگی می‌کنیم که ظرفیتی کم و بیش بی‌پایان برای شگفت‌زده کردن ما دارد. کدام انسان عاقل است که خلاف این را بخواهد؟

آنچه تقریباً همیشه در هر گونه جستجو در رشته‌های پراکندهٔ علوم جدید از هر چیزی جالب‌تر به نظر می‌رسد پی بردن به این واقعیت است که تاکنون چه تعدادی از انسان‌ها عمر خود را یکسره وقف عالی‌ترین خطوط اسرارآمیز تحقیقات کرده‌اند. استیفن جی گولد در یکی از مقالات خود نشان می‌دهد که چگونه یکی از قهرمانانش به نام هنری ادوارد کرمپتن پنجاه سال از عمرش را از سال ۱۹۰۶ تا مرگش در سال ۱۹۵۶ در راه مطالعه و شناسایی بی سر و صدای یک جنس از حلزون‌های خشکی‌زی به نام *Partula* (پارتولا) در پولینزی صرف کرد. کرمپتن، بارها و بارها و سال‌های پیاپی، حلقه‌ها و قوس‌ها و انحناهای ملایم تعداد بی‌شماری از این پارتولاها را تا کوچکترین درجه‌ها ـ تا هشت رقم اعشار ـ اندازه‌گیری و نتایج به‌دست آمده را در جدول‌هایی سرشار از وسواس و دقت ثبت کرد. وجود یک سطر متن خالص در هر یک از جدول‌های کرمپتن می‌توانست نمایندهٔ چندین هفته اندازه‌گیری و محاسبه باشد.

الفرد چ. کینزی که به علت انجام مطالعاتی در زمینهٔ جنسیت انسان در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ به شهرت رسید، از لحاظ دقت علمی، فقط اندکی با کرمپتن فاصله داشت اما بدون تردید از او خارق‌العاده‌تر بود. اما کینزی پیش از آنکه ذهنش با موضوعات جنسیت انباشته شود یک حشره‌شناس بود، آن هم حشره‌شناسی سرسخت و خستگی‌ناپذیر. در یک سفر تحقیقاتی که دو سال به درازا کشید، مسافتی معادل ۲,۵۰۰ مایل را پیاده پیمود تا مجموعه‌ای متشکل از

۳۰۰,۰۰۰ زنبور کوهی را در یک زیستگاه گردهم آورد. افسوس که در جایی ننوشته‌اند که در این راه چند هزار نیش خورد.

نکته‌ای که همواره برای من حکم معما داشته است، چگونگی تخمین زنجیرهٔ جانشینی نسل‌ها در این عرصه‌های ناپیدا بود. بدون تردید تعداد مؤسساتی که به پشتیبانی از متخصصان جانورانی چون بارناکل (کشتی چسب) یا حلزون‌های اقیانوس آرام ملزم هستند یا آمادگی چنین کاری را دارند نمی‌توانند خیلی زیاد باشد. همچنان که در موزهٔ تاریخ طبیعی لندن از هم جدا می‌شدیم از ریچارد فورتی پرسیدم دانشمندان چگونه اطمینان حاصل می‌کنند که وقتی یکی از ایشان درگذشت دانشمند دیگری آماده است تا به جای او بنشیند؟

از ته دل به ساده‌لوحی من خندید. «متاسفانه در این مورد جانشینی به این صورت نیست که دانشمندی در جایی روی نیمکت نشسته و منتظر باشد تا برای آغاز کار جدید صدایش کنند. وقتی یک متخصص بازنشسته می‌شود یا بدتر از آن از میان ما می‌رود، کارهای جاری در آن رشتهٔ خاص می‌تواند متوقف شود، گاهی تا مدت‌های طولانی.»

«پس به همین دلیل است که برای شخصی که چهل و دو سال از عمرش را در راه مطالعهٔ یک گونهٔ واحد گیاهی صرف می‌کند، حتی اگر به نتایجی چندان نو نرسد، ارزش قایلید؟»

گفت: «بله، دقیقاً، دقیقاً.» و به نظر می‌رسد که در این سخن تردیدی نداشته باشد.

# ۲۴ سلول‌ها

از یک سلول تنها آغاز می‌شود. سلول نخست از هم می‌شکافد و به دو سلول و دو سلول به چهار سلول تبدیل می‌شود، و الی آخر. فقط پس از چهل و هفت بار تقسیم به دو شدن، دارای ده هزار تریلیون (۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) سلول در بدن‌مان می‌شویم و برای آغاز زندگی در قالب یک موجود انسانی آماده‌ایم.* و تک تک آن سلول‌ها می‌دانند که برای حفظ و تقویت شما از لحظهٔ زایمان تا آخرین دم زندگی چه کارهایی را باید انجام دهند.

ما در برابر سلول‌های بدن مان هیچ راز پنهان نداریم. اطلاعات آن‌ها دربارهٔ ما به‌مراتب از اطلاعات خودمان بیشتر است. هر سلول، نسخه‌ای از کُد کامل ژنتیکی ــ دفترچهٔ حاوی دستورالعمل‌های لازم برای بدن ــ ما را با خود حمل می‌کند، به همین دلیل نه فقط می‌داند که کارش را چگونه انجام دهد بلکه تک تک دیگر وظایف بدن را نیز می‌شناسد. شما هیچ زمانی در طول عمرتان مجبور نخواهید شد به سلول یادآوری کنید که مراقب سطوح آدنوزین‌تری فسفات باشد یا جایی برای نگهداری مقداری اسید فولیک اضافه که لحظاتی پیش تولید شده است پیدا کند.او این کار را برای بدن ما انجام خواهد داد، به اضافهٔ میلیون‌ها کار دیگر.

در طبیعت، هر سلول، خود یک پدیدهٔ اسرارآمیز است. حتی ساخت

---

* در واقعیت، تعداد بسیار زیادی از سلول‌ها در جریان تکامل از دست می‌روند، به همین دلیل تعداد سلول‌هایی راکه ما با آن‌ها به عرصهٔ هستی گام می‌نهیم فقط می‌شود حدس زد. برحسب اینکه در این مورد شما به کدام منبع استناد کنید این تعداد می‌تواند تا چندین مرتبهٔ بزرگی تغییر کند. رقم ده هزار تریلیون (یا کوادریلیون) از مارگولیس و ساگان، ۱۹۸۶ نقل شده است.

ساده‌ترین سلول‌ها از حیطهٔ خلاقیت انسان خارج است. مثلاً برای ساخت بنیانی‌ترین سلول خمیر مایه، مجبور خواهید شد چیزهایی به تعداد قطعات به کار رفته در یک هواپیمای جت بوئینگ ۷۷۷ را کوچک سازی کنید و همگی را در روی یک کره به قطر پنج میکرون جای دهید؛ سپس با توسل به شگردهایی، کاری کنید که این کره به خودی خود تکثیر شود.

اما سلول‌های خمیرمایه در مقایسه با سلول‌های انسان چیزی به شمار نمی‌آیند. زیرا سلول‌های انسان نه فقط متنوع‌تر و پیچیده‌تر بلکه از هر لحاظ و به علت اندرکنش‌های پیچیده‌شان به‌مراتب پیچیده‌ترند.

سلول‌های انسان در حکم کشوری با ده هزار تریلیون شهروند هستند که هر کدام‌شان وظایفی عمیقاً اختصاصی دارند تا آرامش و رفاه کلی در وجود ما احساس شود. هیچ کاری نیست که سلول‌ها برای ما انجام ندهند. آن‌ها به انسان امکان احساس لذت و پی‌ریزی فکرهای گوناگون می‌دهند. به انسان توان سرپا ایستادن و دراز کشیدن و جست و خیز کردن می‌دهند. وقتی غذا می‌خوریم، مواد مغذی را از آن استخراج می‌کنند، انرژی را در بدن پخش و مواد زاید را دفع می‌کنند ــ تمامی آن کارهایی که در کتاب‌های درسی دورهٔ دبیرستان با آن‌ها آشنا شدید ــ اما علاوه بر آن در درجهٔ نخست به ما یادآوری می‌کنند که گرسنه شده‌ایم و پس از خوردن غذا نوعی احساس آرامش در ما پدید می‌آورند تا دوباره غذا خوردن را از یاد نبریم. سلول‌ها موجب ادامهٔ رشد موهای بدن، چرب نگهداشتن داخل گوش‌ها، و تولید زمزمه‌های آرام در مغز می‌شوند. سلول‌ها به تمام گوشه و کنار بدن رسیدگی می‌کنند و به آن سر و سامان می‌دهند. به محض آنکه بدن در معرض تهدید قرار گیرد سلول‌ها بی درنگ وارد میدان می‌شوند تا از آن دفاع کنند. سلول‌ها قاطعانه در راه بدن ما جان می‌بازند ــ هر روز میلیاردها سلول چنین می‌کنند. با این حال، ما حتی یک بار در سراسر عمرمان از یکی از آن‌ها سپاسگزاری نکرده‌ایم. پس اکنون بیایید لحظاتی از وقت‌مان را با شگفتی و ستایشی که در خور آن‌ها است به مشاهده و بررسی آن‌ها بپردازیم.

ما فقط اندکی از چگونگی انجام شدن وظایفی که سلول‌ها انجام می‌دهند ــ چگونه چربی را کنار می‌گذارند یا انسولین تولید می‌کنند یا در بسیاری از دیگر کارهای لازم برای حفظ موجودی پیچیده چون تک تک ما دخالت می‌کنند ــ

آگاهیم. هر کدام از ما دست‌کم ۲۰۰,۰۰۰ نوع پروتئین مختلف فعال در درون‌مان داریم، و تاکنون کاری را که حداکثر ۲ درصد آن‌ها انجام می‌دهند می‌فهمیم. (برخی از پژوهندگان، این رقم را بیش از ۵۰ درصد اعلام می‌کنند؛ ظاهراً موضوع بستگی دارد به اینکه منظور از «فهمیدن» چیست.)

شگفتی‌های علمی در سطح سلولی، از وقایع دایمی به شمار می‌روند. در طبیعت، اکسید نیترو، سمی قوی و یکی از اجزای معمولاً فراوان در آلودگی هوا است. به همین دلیل، وقتی دانشمندان در اواسط دههٔ ۱۹۸۰ متوجه شدند که اکسید نیترو به شکلی اسرارآمیز و خالص در سلول‌های انسان تولید می‌شود طبیعتاً تا حدودی شگفت زده شدند. هدف در آغاز پی بردن به یک راز بود اما اندکی بعد دانشمندان به وجود آن در همه جای بدن پی بردند ــ کنترل گردش خون و سطوح انرژی سلول‌ها، حمله به سرطان‌ها و دیگر عامل‌های بیماری زا، تنظیم حس بویایی، حتی کمک به آمادگی برای ارتباط‌های جنسی. همچنین معلوم شد که چرا نیتروگلیسرین یعنی همان مادهٔ منفجرهٔ معروف موجب تسکین دردهای قلبی معروف به آنژین می‌شود. (در رگ‌ها به اکسید نیترو تبدیل می‌شود، پوشش عضلانی رگ‌ها را شُل می‌کند و به خون امکان گردش آزادانه‌تر می‌دهد.) در کمتر از یک دهه، این تنها مادهٔ گازی از حالت یک سم خارجی به اکسیری فراوان و در همه جا حاضر تبدیل شد.

به گفتهٔ کریستیان دو دووه زیست شیمی‌دان بلژیکی، هر یک از ما «در حدود چند صد» نوع سلول مختلف داریم، و اینها نیز از لحاظ شکل و اندازه بسیار متفاوتند، از سلول‌های عصبی با قابلیت کش آمدن رشته‌های آن‌ها تا چندین فوت گرفته تا سلول‌های قرمز ریز و بشقابی شکل خون و سلول‌های میله‌ای شکل حساس به نور (photo cell) که در ایجاد حس بینایی ما مؤثر واقع می‌شوند. سلول‌ها در عین‌حال به اندازه‌های گوناگون و تنوعات با شکوه در می‌آیند ــ در هیچ جایی برجسته‌تر از لحظهٔ تشکیل نطفه قابل مشاهده نیست که در آن یک اسپرم تپندهٔ تنها با تخمکی رو به رو می‌شود که هشتاد و پنج هزار بار بزرگتر از آن است (که به‌گونه‌ای از غلبهٔ جنس نر در بلند مدت حکایت دارد). هر سلول متوسط انسان، در حدود بیست میکرون پهنا دارد ــ یعنی یک دویست‌ام یک میلیمتر ــ که به دلیل کوچکی بسیار زیادش دیده نمی‌شود ولی فضای کافی

برای گنجاندن هزاران ساختار پیچیده مانند میتوکندری‌ها و میلیون‌ها میلیون مولکول را در خود دارد. به عبارت دقیق‌تر، سلول‌ها از لحاظ تحرک و سر زندگی نیز با یکدیگر متفاوت هستند. سلول‌های پوست ما یکسره مرده‌اند. تصور اینکه هر سانتیمتر از سطح پوست ما مرده باشد تا حدودی یک فکر تحقیرآمیز به نظر می‌رسد. اگر شما فردی بزرگ سال با جثهٔ متوسط باشید چیزی در حدود پنج پاوند پوست مرده را به دنبال خودتان می‌کشید، که چندین میلیارد ذرهٔ خرد آن در هر روز از پوست‌تان جدا می‌شوند. اگر روی یک قفسهٔ گرد و خاک گرفته انگشت بکشید مثل این است که نقشی بر روی پوست قدیمی می‌اندازید.

بیشتر سلول‌های زنده کمتر از یک ماه و اندی دوام می‌آورند، اما برخی استثناهای قابل ذکر نیز وجود دارند. سلول‌های کبد می‌توانند سال‌های سال زنده بمانند، هر چند اجزای تشکیل دهندهٔ آن‌ها ممکن است هر چند روز یک بار تجدید شوند. طول عمر سلول‌های مغز با طول عمر هر انسان برابر است.

در لحظهٔ تولد، چیزی در حدود صد و اندی میلیارد سلول در اختیار هر انسان قرار می‌گیرد، که تا پایان عمر تغییری در آن ایجاد نخواهد شد. برآورد کرده‌اند که ما هر ساعت پانصد تا از این سلول‌ها را از دست می‌دهیم، بنابراین اگر به دنبال تفکری جدی هستید عملاً نباید لحظه‌ای از عمر را از دست بدهید. اما خبر خوش این است که تک تک اجزای تشکیل دهندهٔ سلول‌های مغز ما دایماً تجدید می‌شوند تا همچنان که در مورد سلول‌های کبد گفتیم، عمر هیچ جزیی از آن‌ها احتمالاً از یک ماه فراتر نرود. به عبارت دقیق‌تر، دانشمندان اعلام کرده‌اند که در وجود انسان حتی یک جزء واحد ـ نه در حد یک مولکول سرگردان ـ وجود ندارد که ۹ سال پیش از این بخشی از بدن ما بوده باشد. شاید نامحتمل به نظر برسد، ولی ما انسان‌ها در سطح سلولی موجوداتی جوان هستیم.

نخستین دانشمندی که به تشریح و توصیف سلول پرداخت رابرت هوک بود که آخرین‌بار به هنگام یکی به دو کردن با آیزک نیوتن بر سر تقدم در کشف قانون مربع معکوس با او آشنا شدیم. هوک در عمر شصت و هشت سالهٔ خود دستاوردهای بسیار داشت ـ در ساخت ابزارهای ابتکاری و مفید، هم یک نظریه‌پرداز قابل بود هم استادی ماهر ـ اما هیچ یک از کارهایش به اندازهٔ کتاب ریزه خوارانک یا برخی توضیحات فیزیکولوژیکی دربارهٔ ذرات خرد که با استفاده از ذره بین

به عمل آمده است و که در سال ۱۶۶۵ انتشار یافت موجب ستایش از وی نگردید. این کتاب، دنیای متشکل از ذرات بسیار ریزی را در برابر دیدگان مجذوب مردم گشود که به دلیل گستردگی تنوعات، از دام موجودات و ساختارهای ریز موجود در آن کسی را حتی یارای تصور چنان چیزی نبود.

از جملهٔ نخستین خصوصیات میکروسکپی شناسایی شده توسط رابرت هوک می‌توان به محفظه‌های کوچک در گیاهان اشاره کرد که او آن‌ها را سلول (Cell به معنی حجره) نامید، چون با مشاهدهٔ آن‌ها حجرهٔ راهب‌ها را به یاد می‌آورد. هوک از محاسباتش به این نتیجه رسید که یک اینچ مربع چوب پنبه می‌تواند ۱,۲۵۹,۷۱۲,۰۰۰ از این محفظه‌های ریز را در خود جای دهد ــ و این نخستین بار بود که عددی به این بزرگی در عرصهٔ علم ظاهر می‌شد. در آن زمان چیزی در حدود یک نسل از کشف میکروسکپ گذشته بود اما آنچه میکروسکپ‌های هوک را متمایز می‌ساخت برتری فنی آن‌ها بود. این میکروسکپ‌ها امکان بزرگ نمایی تا ۳۰ برابر را داشتند و آخرین کلام در فناوری ابزارهای نوری سدهٔ هفدهم به شمار می‌رفتند.

به همین دلیل، یک دههٔ بعد که هوک و دیگر اعضای انجمن پادشاهی لندن، تدریجاً نقشه‌ها و گزارش‌هایی از یک شاگرد پارچه فروش هلندی به نام آنتون وان لیونهوک دریافت کردند مبنی بر اینکه توانسته است به بزرگی نمایی ذرات تا ۲۷۵ برابر نایل آید، مثل این بود که ضربه‌ای بر دنیای علم وارد شده باشد. این شاگرد پارچه فروش گرچه تحصیلات چندانی نداشت و از هیچ سابقهٔ علمی نیز برخوردار نبود، مشاهده‌گری تیز هوش و شیفته و نابغه‌ای فنی بود.

تا این تاریخ معلوم نشده است که او چگونه توانست با استفاده از ابزارهای سادهٔ دستی به یک چنان بزرگ نمایی با شکوهی برسد. ابزار او تفاوت چندانی با میخ‌های کوچک چوبی با یک حباب شیشه‌ای کوچک کار گذاشته شده در آن‌ها نداشت. این ابزار بیشتر به ذره بین شباهت داشت تا به میکروسکپی که اغلب افراد در تصور خویش دارند، اما عملاً با هر دوی آن‌ها فرق می‌کرد. لیونهوک برای هر آزمایشی که انجام می‌داد یک ابزار تازه می‌ساخت و در پنهان نگهداشتن اسرار فنی خود نیز بی‌نهایت دقت به خرج می‌داد. اما گاهگاهی، توصیه‌هایی

دربارهٔ چگونگی اصلاح قدرت تفکیک میکروسکپ به بریتانیایی‌ها می‌کرد.*

لیونهوک در یک دورهٔ پنجاه ساله ـ جالب توجه اینجاست که دورهٔ مذکور از چهل سالگی وی آغاز شد ـ نزدیک به دویست گزارش نوشت و به انجمن پادشاهی تحویل داد. این گزارش‌ها تماماً به زبان هلندی سفلی یعنی به زبانی نوشته می‌شدند که لیونهوک در آن استاد بود. لیونهوک هیچ‌گاه تفسیر نمی‌کرد، بلکه فقط اطلاعات مربوط به کشفی را که انجام داده بود همراه با نقشه‌هایی بسیار ظریف و دقیق در اختیار علاقمندان قرار می‌داد. گزارش‌های ارسالی او تقریباً به تمام موضوعاتی مربوط می‌شدند که ممکن بود بررسی‌شان مفید واقع شود ـ کپک نان، نیش زنبور، سلول‌های خون، دندان، مو، بزاق دهان خودش، مدفوع، و منی (این سه مورد اخیر همراه با پوزش خواهی‌های گلایه‌آمیز به دلیل ناخوشایند بودن‌شان) ـ که تقریباً همگی‌شان قبلاً در زیر میکروسکپ مشاهده نشده بودند.

پس از ارسال گزارش یافت شدن «جانوران ذره‌بینی (animalcules) در نمونه‌ای از آب فلفل در سال ۱۶۷۶، این عضو انجمن پادشاهی، یک سال از عمرش را با استفاده از بهترین ابزارهایی که فناوری بریتانیایی قدرت تولیدشان را داشت به جستجوی «جانوران ریز» گذرانید تا آنکه توانست به یک بزرگ‌نمایی اصلاح شده دست یابد. آنچه لیونهوک پیدا کرد، پروتوزوا نامیده می‌شدند. مطابق محاسبات او چیزی در حدود ۸,۲۸۰,۰۰۰ تا از این موجودات ریز در یک قطره آب یافت می‌شود ـ که این از تعداد جمعیت آن روزی هلند بیشتر بود. دنیا، چنان از انبوه حیات و آثار آن انباشته شده بود که پیش از آن هیچ کسی تصورش را هم نداشت.

دیگران، با الهام گرفتن از یافته‌های حیرت‌انگیز لیونهوک، تدریجاً با چنان

---

* لیونهوک از دوستان نزدیک یکی دیگر از نام‌آوران شهر دلفت (Delft) هلند یعنی یان ورمیر بود. در اواسط دههٔ ۱۹۶۰، ورمیر که قبلاً هنرمندی شایسته اما نه برجسته به شمار می‌رفت ناگهان در عرصهٔ نور و پرسپکتیو به شهرت رسید که از آن به بعد نیز به همین دلیل مورد ستایش قرار گرفته است. با آنکه هیچگاه چنین چیزی اثبات نشده است، قرن‌ها چنین تصور می‌شد که او در کارش از یک اتاقک تاریک برای انداختن تصاویر اشیا بر سطحی تخت از پشت یک عدسی استفاده می‌کرده است. در فهرست اشیای شخصی متعلق به ورمیر پس از مرگش نام چنین ابزاری دیده نمی‌شد، اما احتمال می‌رود که وصی ورمیر کسی جز آنتون وان لیونهوک یعنی مخفی کارترین عدسی ساز روزگار نبوده باشد.

دقتی در پشت میکروسکپ نشستند و در آن نگریستند که توانستند چیزهایی عملاً ناموجود کشف کنند. یک مشاهده‌گر والامقام هلندی به نام نیکلاوس هارتسوکر متقاعد شده بود که «انسان‌های کوچک کامل» را در سلول‌های اسپرم دیده است. او این موجودات ریز را «هومونکولی» (homunculi) نامید و تا مدت‌ها بعد بسیاری از مردم گمان می‌کردند که تمام انسان‌ها ـ به بیان دقیق‌تر، تمام موجودات زنده ـ چیزی جز نسخه‌های شدیداً باد کردهٔ موجودات ریز نقش اما تکمیل شده و متقدم خویش نیستند. لیونهوک نیز گاهی شیفتهٔ دلبستگی‌های خود می‌شد. او در یکی از آمایش‌هایش که با کمترین موفقیت همراه بود، کوشید خواص انفجاری باروت را با مشاهدهٔ مستقیم یک انفجار کوچک از نزدیک مورد مطالعه قرار دهد؛ چیزی نمانده بود که بینایی‌اش را در همین راه از دست بدهد.

در سال ۱۶۸۳ لیونهوک باکتری را کشف کرد، اما این کشف، تقریباً دورترین مسافتی بود که پیشرفت علمی به واسطهٔ محدودیت‌های فناوری میکروسکپ می‌توانست تا صد و پنجاه سال بعد خود را بدان برساند. تا سال ۱۸۳۱ هیچ کسی نتوانست هستهٔ سلول را نخستین‌بار مشاهده کند ـ تا آنکه رابرت براون گیاه‌شناس اسکاتلندی و بازدید کنندهٔ همیشگی اما ناشناختهٔ تاریخ علم به این موفقیت نایل آمد. براون که از سال ۱۷۷۳ تا ۱۸۵۸ زندگی می‌کرد کشف خود را *Nucleus* (یا هسته، از ریشهٔ لاتینی *Nucula*) به معنی دانه یا هستهٔ کوچک نامید. اما تا سال ۱۸۳۹ نیز هنوز کسی نمی‌دانست که کل مادهٔ جاندار از سلول ساخته می‌شود. تئودور شوان دانشمند آلمانی از این ژرف‌نگری برخوردار بود و توانست به این واقعیت پی ببرد. اما در مقایسه با آینده‌نگری‌های علمی، نه فقط اندکی دیر شده بود بلکه در آغاز مورد پذیرش همگانی قرار نگرفت. در دههٔ ۱۸۶۰ با تکمیل برخی کارهای بزرگ لوئی پاستور در فرانسه، قطعاً ثابت شد که حیات نمی‌تواند به خودی خود پدید آید بلکه باید از دل سلول‌های از قبل موجود تشکیل شود و سر برآورد. این اعتقاد با عنوان «نظریهٔ سلولی» شهرت پیدا کرد و امروزه شالودهٔ کل زیست‌شناسی جدید به شمار می‌رود.

سلول را به خیلی چیزها تشبیه کرده‌اند، از «یک پالایشگاه پیچیدهٔ شیمیایی» (به گفته جیمز ترفیل فیزیک‌دان) گرفته تا «یک کلان شهر پهناور و پر ازدحام» (به گفتهٔ گای براون زیست شیمی‌دان). سلول، هم هر دوی این

چیزهاست هم هیچ یک نیست. از این لحاظ به پالایشگاه شباهت دارد که در مقیاسی بزرگ به انجام فعالیت‌های شیمیایی اختصاص دارد، و به کلان شهر شباهت دارد چون درونش پر ازدحام و شلوغ و پر از اندرکنش‌هایی است که ظاهراً آشفته و تصادفی به نظر می‌رسند اما روشن است که برای خودشان نظم و ساختار دارند. اما سلول در مقایسه با هر شهر یا کارخانه‌ای که تاکنون ممکن است دیده باشید مکانی بمراتب هولناک‌تر است. نخست آنکه در درون سلول، چیزی به نام بالا یا پایین وجود ندارد (گرانش در مقیاس سلولی عمل نمی‌کند) و هیچ فضایی به پهنای یک اتم نیز در آن بلا استفاده نمی‌ماند. فعالیت در همه جای آن همراه با صدای تولید بی‌وقفهٔ انرژی الکتریکی ادامه دارد. ما اصلاً چیزی از الکتریسیته در وجودمان احساس نمی‌کنیم، اما بدن‌مان الکتریسیته دارد. غذایی که می‌خوریم و اکسیژنی که تنفس می‌کنیم در درون سلول‌ها ترکیب می‌شوند و به صورت الکتریسیته در می‌آیند. علت اینکه ما شوک‌های عظیم به یکدیگر وارد نمی‌کنیم یا وقتی در کاناپه می‌نشینیم آن را نمی‌سوزانیم آن است که تمام این پدیده‌ها در مقیاسی بسیار خرد رخ می‌دهند: چیزی در حد ۰/۱ ولت که در مسافات قابل اندازه‌گیری برحسب نانومتر به حرکت در می‌آید. اما اگر همین مقیاس را بزرگ کنید به ضربه‌ای بیست میلیون ولتی در هر متر مسافت تبدیل می‌شود که تقریباً برابر است با باری که بخش اصلی یک توفان تندری با خود حمل می‌کند.

تمام سلول‌های ما هر اندازه یا شکلی که داشته باشند اساساً بر طبق یک طرح ساخته می‌شوند: یک غلاف یا غشای بیرونی، یک هسته که محل استقرار اطلاعات وراثتی لازم برای برپا نگهداشتن ما است، و یک منطقهٔ شلوغ بین آن دو که سیتوپلاسم نامیده می‌شود. برخلاف آنچه اغلب افراد تصور می‌کنند غلاف یا غشای سلول، پوسته‌ای با دوام یا لاستیک مانند نیست که برای سوراخ کردنش به چیزی نوک تیز نیاز باشد. بلکه از نوعی مادهٔ چرب به نام لیپید تشکیل می‌شود که از غلظت تقریبی «یک روغن موتور با درجه‌بندی سبک» (به گفتهٔ شروین ب. نالند) برخوردار است. اگر چنین چیزی اساساً ضعیف به نظر می‌رسد، توجه داشته باشید که رفتار مواد در سطح سلولی با حالت عادی فرق می‌کند. آب، برای هر چیزی در مقیاس سلول به ژلاتینی سنگین تبدیل می‌شود و لیپید نیز حکم آهن را پیدا می‌کند.

اگر بتوانید از داخل سلول بازدید کنید، هیچ از آن خوش‌تان نخواهد آمد.

اگر سلول را تا مقیاسی بزرگ کنیم که اتم‌ها در آن به اندازهٔ نخود درآیند، به صورت کره‌ای به قطر تقریبی نیم مایل در می‌آید و به وسیلهٔ چارچوبی پیچیده و تیرچه‌ای به نام ساختمان سلولی (cytoskeleton) نگهداشته می‌شود. در درون این سلول، میلیون‌ها میلیون شیء ــ برخی به اندازهٔ توپ بستکتبال و برخی به اندازهٔ اتومبیل‌های شخصی ــ مانند گلوله و به سرعت برق از سویی به سویی در حرکتند. در آنجا هیچ نقطه‌ای یافت نمی‌شود که بتوانید لحظه‌ای در آن بایستید و هزاران ضربه در ثانیه از هر جهت به شما وارد نشود و پیکرتان تکه تکه در گوشه‌ای نیفتد. درون سلول، حتی برای ساکنان تمام وقتش جایی پر مخاطره است. هر رشتهٔ DNA به طور متوسط یک بار در هر ۸/۴ ثانیه ــ ده هزار بار در روز ــ در معرض حملهٔ مواد شیمیایی و دیگر عواملی قرار می‌گیرد که به درون آن راه می‌یابند یا سطح آن را برش می‌دهند، و اگر قرار باشد سلول از بین نرود تک تک این زخم‌ها باید سریعاً بخیه زده شوند.

پروتئین‌ها به ویژه پر تحرک هستند به طوری که در هر ثانیه تا یک میلیارد بار به گرد خود می‌چرخند، می‌تپند و به درون یک دیگر پرواز می‌کنند. آنزیم‌ها، که خود نوعی پروتئین هستند، خودشان را به هر جایی می‌اندازند و در هر ثانیه چیزی در حدود هزار وظیفه را به انجام می‌رسانند. آنزیم‌ها مانند مورچه‌های کارگر پر سرعت،[1] فعالانه به ساخت و ساخت دوبارهٔ مولکول‌ها می‌پردازند، تکه‌ای از یک مولکول جدا می‌کنند و تکه‌ای بر مولکول دیگر می‌افزایند. برخی از آنزیم‌ها بر پروتئین‌های عبوری نظارت می‌کنند و پروتئین‌هایی را که به شکلی برگشت‌ناپذیر آسیب دیده یا ناقص شده باشند با یک مادهٔ شیمیایی علامت‌گذاری می‌کنند. پروتئین‌هایی که بدین ترتیب انتخاب می‌شوند محتومند که به سوی ساختاری به نام پروتئازوم (proteasome) پیش بروند، که در آن تمام مواد تشکیل دهنده‌شان از آن‌ها گرفته می‌شود و در ساخت پروتئین‌های جدید به مصرف می‌رسد. عمر برخی از انواع پروتئین به نیم ساعت نمی‌رسد؛ برخی تا چند هفته زنده می‌مانند. اما زندگی تمام آن‌ها به طرزی باور نکردنی هیجان‌زده و آشفته است. به گفتهٔ دو دووه «دنیای مولکولی به علت شتاب بسیار زیاد فعل و انفعالات درونی‌اش الزاماً باید یکسره در خارج از حیطهٔ قدرت تخیل ما باقی بماند.»

اما کافی است از سرعت فعل و انفعالات تا حدی بکاهید که بتوان آن‌ها را

مشاهده کرد، در آن صورت دیگر خیلی هراس‌انگیز به نظر نخواهند رسید. مشاهده خواهید کرد که سلول از میلیون‌ها شیء ـ لیزوزوم‌ها، آندوزوم‌ها، ریبوزوم‌ها، لیگاندها، پروکسی‌زوم‌ها، و پروتئین‌ها به شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون ـ تشکیل می‌شود که خود را به میلیون‌ها چیز دیگر می‌کوبند و وظایف عادی خود را انجام می‌دهند: استخراج انرژی از مواد مغذی، مرتب کردن ساختارها، دفع مواد زاید، عقب راندن مهاجمان، فرستادن و دریافت کردن انواع پیام، و انجام دادن تعمیرات. هر سلول، معمولاً از چیزی در حدود ۲۰,۰۰۰ نوع پروتئین مختلف تشکیل می‌شود که ۲,۰۰۰ تای آن‌ها به صورت انفرادی دارای دست کم ۵۰,۰۰۰ مولکول به نمایندگی از خود هستند. نالند می‌گوید: «این بدان معنی است که حتی اگر ما فقط آن مولکول‌های حاضر با مقادیر بیش از ۵۰,۰۰۰ برای هر یک را بشماریم، جمع کل آن‌ها رقمی حداقل یعنی ۱۰۰ میلیون مولکول پروتئین در هر سلول می‌شود. این رقم بهت‌آور می‌تواند تصوری از عظمت متراکم فعالیت زیست شیمیایی در درون بدن‌مان در اختیارمان قرار دهد.»

کل این فعل و انفعال، فرآیندی بی‌نهایت دشوار است. قلب انسان باید در هر ساعت ۷۵ گالن خون را پمپاژ کند که جمع آن در یک روز به ۱۸۰۰ گالن و در یک سال به ۶۵۷,۰۰۰ گالن می‌رسد ـ که برای پر کردن چهار استخر شنای بزرگ از نوع استخرهای مخصوص مسابقات المپیک کفایت می‌کند ـ تا تمام آن سلول‌ها اکسیژن تازه دریافت کنند. (تازه، این به زمان استراحت بدن مربوط می‌شود. هنگام ورزش، این نسبت تا ۶ برابر افزایش پیدا می‌کند.) اکسیژن به وسیلهٔ میتوکندری‌ها جذب می‌شود. اینها در حکم نیروگاه‌های سلول هستند و تعدادشان در هر سلول به هزار تا می‌رسد، اما همین رقم نیز بر حسب اینکه سلول چه کاری انجام می‌دهد و به چه مقدار انرژی نیاز دارد متغیر است.

شاید از آنچه در یکی از فصل‌های پیشین گفتیم به یاد داشته باشید که برخی از دانشمندان تصور می‌کنند میتوکندری‌ها در آغاز باکتری‌های اسیر بودند ولی امروزه اساساً به صورت ساکنان دایمی سلول‌های ما در آمده‌اند، دستورالعمل‌های ژنتیکی خاص خود را حفظ کرده‌اند، بر طبق جدول زمان‌بندی خودشان تقسیم می‌شوند و به زبان خودشان تکلم می‌کنند. شاید این نکته را نیز به یاد داشته باشید که گفتیم ما از لطف و حسن نیت آن‌ها برخورداریم. حال ببینم

چرا. عملاً، تمام غذا و اکسیژنی که شما وارد بدن‌تان می‌کنید پس از انجام کارهای تبدیلی، به میتوکندری‌ها تحویل داده می‌شوند و در آنجا به صورت مولکولی در می‌آیند که آدنوزین تری‌فسفات (ATP) نامیده می‌شود.

شاید تاکنون چیزی دربارهٔ آدنوزین تری‌فسفات نشنیده باشید ولی این همان چیزی است که ما را سرپا نگه می‌دارد. مولکول‌های ATP اساساً بسته‌های کوچک باتری هستند که در درون سلول به حرکت در می‌آیند و انرژی لازم برای تمام فرآیندهای سلول را تأمین می‌کنند، و هر یک از ما مقادیر بسیار زیادی از این انرژی را به مصرف می‌رسانیم. هر سلول در بدن ما، در هر لحظهٔ معین، چیزی در حدود یک میلیارد مولکول ATP در خود دارد و در مدت دو دقیقه، یکی از هر دو سلول، مولکول‌های ATP خود را یکسره از دست می‌دهد و یک میلیارد مولکول دیگر به جای آن‌ها تولید می‌شوند. مقدار مولکول ATP تولیدی و مصرفی هر انسان در یک روز تقریباً معادل یک دوم وزن بدن او است. حتماً گرمای پوست خودتان را حس می‌کنید. این همان مولکول فعال شدهٔ ATP است.

زمانی که دیگر نیازی به سلول‌ها نداشته باشیم، آن‌ها به شکلی رخت بر می‌بندند که فقط می‌توان آن را مرگ با شکوه نامید. تمام بست‌ها و پشت بندهای نگهدارندهٔ خودشان را از هم باز می‌کنند و اجزای تشکیل دهندهٔ خود را به آرامی می‌خورند. این فرآیند، اپوپتوزیس (apoptosis) یا مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ سلولی نامیده می‌شود. هر روز میلیاردها سلول بدن ما به نفع ما می‌میرند و میلیاردها سلول دیگر به پاک‌سازی محیط می‌پردازند. سلول‌ها به طرز خشونت‌آمیز نیز می‌توانند بمیرند ــ مثلاً وقتی عفونی شوند ــ اما اغلب‌شان به این علت می‌میرند که به آن‌ها گفته می‌شود بمیرند. به عبارت دقیق‌تر، اگر به سلول‌ها گفته نشود که زندگی کنند ــ اگر نوعی دستور فعالیت از سوی سلولی دیگر به آن‌ها داده نشود ــ سلول‌ها خودشان را به صورت خود بخودی می‌کشند. سلول‌ها دایماً نیازمند خاطر جمع شدن هستند.

همچنان که گاهگاه پیش می‌آید، هر گاه سلولی نتواند به روش پیش بینی و تجویز شده به عمر خود خاتمه دهد بلکه در عوض به تقسیم و تکثیر عنان گسیخته روی آورد، نتیجهٔ این حالت را سرطان می‌نامیم. سلول‌های سرطانی، حقیقتاً سلول‌هایی سردرگم هستند. این اشتباه تقریباً همیشه از سلول‌ها سر

می‌زند، ولی بدن ما تدابیر مؤثری برای رفع آن اندیشیده است. فقط در گاهی موارد نادر دیده شده است که این فرآیند از حیطهٔ فرمان‌دهی بدن خارج شود. به طور متوسط از هر ۱۰۰ میلیون میلیارد تقسیم‌های سلولی در بدن انسان، یک مورد به سرطان بدخیم و کشنده می‌انجامد. ابتلا به سرطان، از هر جنبه که به آن بنگریم، نوعی بد بیاری است.

شگفتی سلول‌ها در این نیست که هر چند وقت یک بار خطایی در آن‌ها پیش می‌آید بلکه در آن است که همهٔ کارها را در طول چندین دهه به آرامی سر و سامان می‌دهند و پیش می‌برند. سلول‌ها این کار را مرتباً با ارسال جریان‌هایی از انواع پیام‌ها ـ جریانی پر هیاهو از انواع پیام‌ها ـ از تمام گوشه و کنار بدن و نظارت بر آن‌ها انجام می‌دهند: دستورالعمل‌ها، پرس و جوها، تصحیحات، درخواست‌های کمک، روز آمد کردن‌ها، صدور اطلاعیهٔ تقسیم شدن یا پایان دادن به عمر. بیشتر این علامت‌های ارسالی، به وسیلهٔ پیام‌آورانی که هورمون نامیده می‌شوند، مواد شیمیایی نظیر انسولین، ادرنالین، استروژن، و تستسترون که اطلاعات را از یک ایستگاه دورافتاده مانند غدد تیرویید و آندوکرین (درون ریز) به گیرندگان مربوط تحویل داده می‌شوند. برخی پیام‌های دیگر نیز از طریق تلگرافی از مغز یا مراکز ناحیه‌ای در فرآیند معروف به ارسال علامت‌های پاراکرین، تحویل می‌شوند. در پایان لازم به یادآوری است که سلول‌ها مستقیماً با همسایگان خود ارتباط برقرار می‌کنند تا مطمئن شوند که اعمال‌شان را به صورت هماهنگ شده انجام می‌دهند.

آنچه احتمالاً بیش از همه جلب توجه می‌کند این است که هر آنچه دیده می‌شود چیزی جز حرکات صرفاً تصادفی و شتابزده و توالی بی‌پایان برخوردهایی نیست که به فرمان چیزی جز قوانین ابدی جاذبه و دافعه گوش نمی‌دهند. بدون تردید هیچگونه تفکری در ورای هیچ یک از کارها و تلاش‌های سلول‌ها وجود ندارد. آنچه دیده می‌شود، خیلی ساده و به نرمی و تا ابد و چنان با اطمینان رخ می‌دهد که ما ندرتاً حتی ممکن است به آن آگاهی پیدا کنیم. با این حال آنچه رخ می‌دهد به نحوی نه فقط موجب تولید نظم در درون سلول می‌شود بلکه یک هماهنگی کامل در سراسر بدن موجود زنده به دنبال می‌آورد. تریلیون‌ها تریلیون واکنش شیمیایی غیر ارادی به طرقی که ما تازه نخستین گام‌ها

را در جهت شناخت‌شان بر می‌داریم، برهم افزوده می‌شوند و تک تک ما را که موجوداتی متحرک، متفکر و تصمیم گیرنده به شمار می‌رویم ـ یا حتی یک سوسک سرگین غلتان نسبتاً نا اندیشمندتر اما دارای سازمانی باور نکردنی را ـ پدید می‌آورند. هیچ‌گاه ازیاد نبرید که هر موجود زنده، یکی از عجایب مهندسی اتم است.

به عبارت دقیق‌تر، برخی موجودات زنده که از دیدگاه ما ابتدایی به شمار می‌آیند، در چنان سطحی از سازمان یافتگی سلولی قرار گرفته‌اند که باعث می‌شوند وجود خود ما به طرزی ناسنجیده، عادی به نظر برسد. سلول‌های یک اسفنج را از هم جدا کنید (مثلاً با عبور دادن آن‌ها از یک الک) و سپس در داخل یک محلول بریزید، متوجه خواهید شد که این سلول‌های جدا شده راه‌شان را به سوی یکدیگر در پیش می‌گیرند و دوباره به صورت یک اسفنج در می‌آیند. می‌توانید این کار را بارها و بارها انجام دهید، سلول‌های اسفنج دوباره سرسختانه در کنار یکدیگر قرار خواهند گرفت زیرا آن‌ها نیز همانند من و شما و هر موجود زندهٔ دیگر، یک انگیزهٔ غالب دارند: ادامه دادن به هستی.

و این انگیزه از وجود مولکولی عجیب و غریب، مصمم و ندرتاً شناخته شده ناشی می‌شود که خودش زنده نیست و غالباً نیز هیچ کاری انجام نمی‌دهند. ما این ملکول را DNA می‌نامیم، و برای درک اهمیت خارق‌العادهٔ آن برای علم و برای خودمان باید به ۱۶۰ و اندی سال پیش یعنی به عصر ملکه ویکتوریا در انگلستان و به لحظه‌ای باز گردیم که چارلز داروین طبیعت‌شناس، چیزی را داشت که «یگانه نظریه‌ای که تاکنون یک انسان داشته است» نامیده می‌شود ـ و سپس به دلایلی که نیازمند اندکی توضیح و تبیین است، آن را تا پانزده سال بعد داخل کشوی میز خود گذاشت و قفل کرد.

# ۲۵ نظریهٔ یگانهٔ داروین

در اواخر تابستان یا اوایل پاییز سال ۱۸۵۹، وایتول الوین سر دبیر مجلهٔ معتبر کوارترلی ریویو در بریتانیا، نسخهٔ پیش از انتشار کتاب جدیدی را که چارلز داروین طبیعت‌شناس نوشته بود دریافت کرد. الوین کتاب را با علاقهٔ تمام مطالعه کرد و پذیرفت که کتابی با ارزش است ولی نگران آن بود که محدودیت دامنهٔ موضوعی کتاب مانع از جلب توجه خوانندگان فراوان به آن شود. در عوض، از داروین تقاضا کرد که کتابی دربارهٔ کبوترها بنویسد. او با نظری خیرخواهانه اعلام کرد: «هر کسی از کبوتر خوشش می‌آید.»

داروین اندرز حکیمانهٔ الوین را نپذیرفت و کتاب دربارهٔ منشاء گونه‌ها از طریق انتخاب طبیعی یا حفظ نژادهای اصلح در تنازع بقا را در اواخر ماه نوامبر سال ۱۸۵۹ با قیمت پانزده شیلینگ منتشر کرد. نخستین ویرایش ۱۲۵۰ نسخه‌ای کتاب در همان نخستین روز فروخته شد. چاپ این کتاب، همانند مشاجرات همیشگی بین موافقان و مخالفانش، از آن زمان تاکنون هیچگاه متوقف نشده است ــ و این برای انسانی که علاقهٔ اصلی بعدی‌اش مطالعهٔ کرم‌ها بود و احتمال خیلی زیاد می‌رفت که اگر تصمیمی شتاب زده برای بادبان برافراشتن و سفر کردن به گرد جهان اتخاذ نمی‌کرد، مجبور بود عمرش را در مقام یک کشیش گمنام روستایی با مختصر علاقه‌ای به کرم‌های خاکی سپری کند، بسیار خوب و مطلوب بود.

چارلز رابرت داروین در روز ۱۲ فوریهٔ ۱۸۰۹* در شهر آرام شروزبری

---

* روزی خجسته در تاریخ: آبراهام لینکلن نیز در همین روز در کنتاکی چشم به جهان گشود.

واقع در غرب انگلستان به دنیا آمد. پدرش از پزشکان مرفه و معتبر زمانه بود. مادرش که در هشت سالگی داروین درگذشت، دختر جوسیا وجوود از بزرگان صنعت سفال بود.

داروین از تمام امتیازات تربیتی برخوردار بود اما دایماً پدر بی‌همسر خود را با کارهای ملامت‌آور دانشگاهی‌اش آزار می‌داد. پدرش در یک عبارت معروف که در هرگونه بررسی نخستین سال‌های زندگی داروین تقریباً در یک چنین جایی نقل می‌شود، چنین می‌گوید: «برای تو هیچ چیز جز شکار، سگ و موش‌گیری اهمیت ندارد، و مایهٔ بدنامی خودت و تک تک اعضای خانواده‌ات خواهی شد.» با آنکه تمایل شخصی داروین پرداختن به تاریخ طبیعی بود، محض خاطر پدرش کوشید در دانشگاه ادینبره به تحصیل پزشکی بپرداز اما نتوانست در برابر مشاهدهٔ خون و درد بیماران دوام آورد. تجربهٔ حاصل از حضور در عمل جراحی بر بدن کودکی که به دلایل معلومی افسرده شده بود ـ البته این عمل به سال‌های پیش از اختراع بی‌هوشی مربوط می‌شد ـ ضربه‌ای ماندگار بر داروین وارد کرد. پس از این واقعه، پزشکی را رها کرد و به تحصیل در رشتهٔ حقوق روی آورد که این را نیز بسیار گنگ یافت و سرانجام کم و بیش به صورت غیر حضوری توانست از دانشگاه کیمبریج در رشتهٔ الاهیات درجهٔ کارشناسی دریافت کند.

وقتی یک پیشنهاد کم و بیش وسوسه‌انگیز از غیب به سراغش آمد، به نظر می‌رسید که از آن پس زندگی سادهٔ یک کشیش روستایی را دنبال کند. ناخدا رابرت فیتس‌روی که درجهٔ نظامی‌اش مانع از نشست و برخاست با افراد غیر نجیب‌زاده می‌شد، از داروین دعوت کرد تا در کشتی نقشه‌برداری بیگل (*Beagle*) اساساً به عنوان یک هم‌غذا در وقت ناهار با او عازم سفر دریایی شود. فیتس‌روی که آدمی بسیار عجیب بود، داروین را تا حدودی به این دلیل انتخاب کرد که از شکل بینی داروین خوشش می‌آمد. (به اعتقاد وی، شکل بینی داروین از ژرف‌نگری شخصیت داروین حکایت داشت.) داروین نخستین هم‌سفر انتخابی فیتس‌روی نبود ولی وقتی هم‌سفر انتخابی فیتس‌روی از کار کنار رفت، او به جایش برگزیده شد. از دیدگاه ما انسان‌های سدهٔ بیست و یکم، برجسته‌ترین وجه مشترک این دو نفر، جوانی فوق‌العاده‌شان بود. در این سفر دریایی، فیتس‌روی فقط بیست و سه ساله بود و داروین بیست و دو سال داشت.

مأموریت رسمی فیتس‌روی نقشه‌برداری از آب‌های ساحلی بود، ولی سرگرمی مورد علاقه‌اش ـ یا عشق او، به عبارت دقیق‌تر ـ گردآوری مدارک مادی برای تفسیر عملی و انجیلی آفرینش بود. همین که داروین برای کشیش شدن تربیت شده بود دلیلی محکم برای انتخاب او توسط فیتس‌روی به شمار می‌رفت. اینکه بعدها ثابت شد داروین نه تنها انسانی آزاداندیش نبود بلکه مبانی مسیحیت را نیز از صمیم قلب نمی‌پذیرفت، سرچشمهٔ اصطکاکی دایمی بین آن دو فراهم آورد.

مدت سفر دریایی داروین با کشتی بیگل از ۱۸۳۱ تا ۱۸۳۶ بدون تردید، تجربه‌ای شکل دهنده در زندگی او و در عین‌حال خسته کننده‌ترین تجربهٔ عمرش بود. او و ناخدای کشتی در یک کابین مشترک زندگی می‌کردند، که مسلماً نمی‌توانسته است برایش آسان بوده باشد زیرا فیتس‌روی هر چند وقت یکبار دستخوش خشم می‌شد و به دنبال آن تنفری نهفته بر وجودش غلبه می‌کرد. او و داروین دایماً با یکدیگر درگیر می‌شدند، که بعدها داروین از آن با عبارت «گاهی تا مرز دیوانگی» یاد کرد. بهترین سفرهای دریایی در اقیانوس‌ها، معمولاً به اقداماتی مالیخولیایی تبدیل می‌شدند ـ ناخدای پیشین کشتی بیگل، در یک لحظهٔ دلتنگی همراه با تنهایی، مغز خودش را با گلوله متلاشی کرده بود ـ و فیتس‌روی نیز از یک خانوادهٔ معروف به افسردگی مادرزادی برخاسته بود. وایکاونت کاسلری عموی فیتس‌روی، ده سال پیشتر در مقام وزیر دارایی بریتانیا، گلوی خود را با چاقو شکافته بود. (خود فیتس‌روی نیز در سال ۱۸۶۵ به همین طریق خودکشی کرد.) فیتس روی، حتی زمانی که در وضعیت روانی آرام‌تری به سر می‌برد، به طرز غریبی ناشناختنی می‌شد. به محض آنکه سفر دریایی‌شان به پایان رسید، داروین با شگفتی خبردار شد که فیتس‌روی بی‌درنگ با زنی جوان ازدواج کرده که قبلاً نامزدش بوده است. او در طول پنج سال نشست و برخاست با داروین، کوچکترین اشاره‌ای به دلبستگی داشتن به این زن نکرده بود و حتی نامی از او بر زبان نیاورده بود.

اما سفر دریایی با کشتی بیگل از هر لحاظ دیگر یک پیروزی بود. داروین به قدری ماجرا از سر گذرانید که تا پایان عمرش کافی بود و او را همراهی می‌کرد. علاوه بر آن، به قدری نمونه گردآوری کرده بود که او را به شهرت برساند و سال‌ها به خود سرگرم سازد. او به گنجی پرشکوه از فسیل‌های غول‌پیکر

باستانی، شامل ظریف‌ترین مگاتریوم شناخته شده تا این تاریخ دست یافت؛ در شیلی از یک زمین لرزهٔ مرگ‌بار جان سالم به در برد؛ گونهٔ جدیدی از دولفین‌ها را کشف کرد (که آن را بر حسب احساس وظیفه، دولفین فیتس‌روی یا *Delphinus fitzroyi* نامید)؛ تحقیقات زمین‌شناختی دقیق و مفیدی در سراسر کوه‌های آند به عمل آورد؛ و نظریه‌ای جدید و همواره ستایش شده در مورد شکل‌گیری آتول‌های مرجانی مطرح ساخت که در آن نه بر حسب تصادف گفته بود آتول‌ها نمی‌توانسته‌اند در کمتر از یک میلیون سال تشکیل شده باشند ــ که نخستین اشاره به دلبستگی دیرینهٔ او به بی‌نهایت قدیمی بودن فرآیندهای کرهٔ زمین به شمار می‌رفت. داروین در سال ۱۸۳۶، یعنی وقتی بیست و هفت ساله بود پس از پنج سال و دو روز دوری از وطن به زادگاهش بازگشت.

کاری که داروین در جریان سفر دریایی انجام نداد، طرح نظریه (یا حتی نظریهٔ خاص) تکامل طبیعی بود. نخست آنکه تکامل به عنوان یک مفهوم از چند ده سال پیش از دههٔ ۱۸۳۰ مطرح شده بود. اراسموس پدر بزرگ خود داروین، حتی سال‌ها پیش از تولد داروین، در شعری با الهام از زندگی روزمره به ستایش از اصول تکامل پرداخته بود. تا زمانی که داروین به انگلستان باز نگشته و کتاب رساله در باب اصل جمعیت نوشتهٔ تامس مالتوس را (که در آن گفته می‌شد از لحاظ ریاضی، افزایش ذخیرهٔ غذایی جهان هیچ‌گاه نمی‌تواند با رشد جمعیت همگام شود) نخوانده بود این اندیشه به ذهنش راه نیافته بود که حیات، پیکاری دایمی است و انتخاب طبیعی ابزاری است که بدان وسیله، برخی گونه‌ها به راه خود ادامه می‌دهند و برخی از پا درمی‌آیند. آنچه مخصوصاً داروین مشاهده کرد این بود که موجودات زنده برای دست‌یابی به منابع غذایی با هم مبارزه می‌کردند و آن‌هایی که از اندک امتیازی برخوردار بودند غالب می‌شدند و آن امتیاز را به نسل بعدی خود منتقل می‌کردند. گونه‌ها با بهره‌گیری از یک چنین ابزاری پیوسته اصلاح می‌شدند.

این، اندیشه‌ای فوق‌العاده ساده به نظر می‌رسد ــ چنین نیز هست ــ اما واقعیات بسیاری را بیان می‌کند، و داروین نیز آماده می‌شد تا عمر خود را در راه چنین اندیشه‌ای سپری کند. ت. هـ هاکسلی به محض مطالعهٔ کتاب منشاء گونه‌ها فریاد برآورد: «حماقت را ببین، چرا من تا به حال به این فکر نیفتادم!» این اندیشه از آن روزگار تاکنون همواره در سراسر جهان بازتاب یافته است.

نکتهٔ جالب توجه اینجا است که داروین اصطلاح «بقای اصلح» را در هیچ یک از آثارش به کار نبرد (هرچند در برخی موارد به ستایش از آن برخاست). این اصطلاح پنج سال پس از انتشار کتاب منشاء گونه‌ها، توسط هربرت اسپنسر در کتاب اصول زیست‌شناسی (*Principles of Biology*) در سال ۱۸۶۴ به کار برده شد. علاوه بر آن، داروین واژهٔ تکامل (*Evolution*) را نیز تا انتشار ویرایش ششم کتاب منشاء گونه‌ها به کار نبرد (که در این هنگام به قدری رواج یافته بود که داروین نمی‌توانست در برابر آن مقاومت کند) و به جای آن ترجیح می‌داد عبارت «منشعب شدن با اصلاحات» را به کار ببرد. مخصوصاً اینکه داروین به هیچ وجه تحت تأثیر یا با الهام از مشاهدهٔ تنوعات آن روزی منقار فینچ‌ها در جزایر گالاپاگوس به نتایج مذکور نرسید. داستان به شکلی که سنتاً بازگویی می‌شود (یا دست‌کم غالباً توسط بسیاری از ما به آن اشاره می‌شود) از این قرار است که داروین هنگام سفر از یک جزیره به جزیره‌ای دیگر متوجه شد که منقارهای فینچ‌ها در هر یک از این جزیره‌ها به طرز شگفتی‌آوری برای بهره‌گیری از منابع همان جزیره دگرگون شده و با آن سازگار شده‌اند ــ بدین معنی که منقارهای فینچ‌ها در یک جزیره احتمالاً دراز و باریک و برای بیرون کشیدن خوراک از لا به لای شکاف‌ها مناسب بودند ــ و از همین جا بود که گمان کرد پرنده‌ها به شکلی که هستند آفریده نشده‌اند بلکه به یک معنی، خودشان خودشان را آفریده‌اند.

واقعیت آن است که پرنده‌ها خودشان را آفریده بوده‌اند، اما آنکه این نکته را دریافت داروین نبود. در آغاز سفر دریایی با کشتی بیگل، داروین تازه از کالج خارج شده بود و تجربهٔ چندانی در طبیعت‌شناسی نیندوخته بود، و به همین علت نتوانست این واقعیت را دریابد که همهٔ پرندگان جزایر گالاپاگوس از یک نوع بودند. جان گولد (John Gould) دوست حشره‌شناس داروین متوجه شد که آنچه داروین در جزایر مذکور یافته بود انبوهی از فینچ‌ها با استعدادهای گوناگون بوده است. متأسفانه داروین به دلیل بی‌تجربگی نگفته بود که کدام پرنده‌ها به کدام جزایر مربوط می‌شده‌اند. (درمورد لاک پشت‌ها نیز اشتباهی مشابه این مرتکب شده بود.) رفع این آشفتگی‌ها سال‌ها به درازا کشید.

به دلیل این‌گونه سهل‌انگاری‌ها و ضرورت کند و کاو در تعداد بی‌شمار صندوق‌های پر از نمونهٔ دیگر که با کشتی بیگل به انگلستان آورده شده بود،

داروین شش سال پس از بازگشت یعنی در سال ۱۸۴۲ سرانجام دست اندرکار تدوین مبانی اولیهٔ نظریهٔ جدید خود شد. دو سال بعد، این مبانی را به «پیش‌طرحی» ۲۳۰ صفحه‌ای تبدیل کرد. آنگاه به کاری خارق‌العاده دست زد: یادداشت‌هایش را کنار گذاشت و خودش را در دورهٔ پانزده سالهٔ بعدی به موضوعاتی دیگر مشغول ساخت. داروین وظیفهٔ پدری ۱۰ فرزند را بر عهده داشت، نزدیک به هشت سال از آن دوره را در راه نوشتن اثری جامع دربارهٔ بارناکل‌ها یا موجودات کشتی چسب سپری کرد (به محض پایان یافتن این کار، آهی معنی‌دار کشید و گفت: «چنان از بارناکل متنفرم که پیش از من کسی به این اندازه از این موجود دریایی متنفر نبوده است»)، و دستخوش اختلالات عجیب و غریبی شد که او را شدیداً خسته و وامانده و به گفتهٔ خودش بی حال و «سراسیمه» می‌ساخت. علایم این حالت، تقریباً همیشه شامل تهوع شدید بود و معمولاً با تپش قلبی، میگرن، واماندگی، لرزش، مشاهدهٔ لکه‌هایی در مقابل چشم، کم آوردن نفس، «شناور شدن سر» و مخصوصاً افسردگی همراه می‌شد.

علت این بیماری هیچ گاه شناخته نشده است اما احساساتی‌ترین و شاید محتمل‌ترین امکان پیشنهادی آن است که می‌گوید داروین به بیماری شاگاس (Chagas' disease) مبتلا بوده است، که نوعی بیماری طولانی مدت است و احتمال می‌رود از گزش حشرهٔ بنچوگا (Benchuga) در آمریکای جنوبی به او سرایت کرده بوده باشد. یک تبیین پیش پا افتاده نیز آن است که می‌گوید داروین به یک بیماری روان ـ تنی مبتلا بوده است. هر کدام که درست بوده باشد، داروین گاهی می‌توانست حداکثر تا بیست دقیقه به کار ادامه دهد گاهی هم نه.

بخش بزرگی از ساعات باقی ماندهٔ شبانه روز را به یک رشته مداواهای نومیدانه اختصاص می‌داد ـ مانند رفتن زیر دوش آب سرد، سرکه ریختن روی خود، آویختن خود از «زنجیرهای الکتریکی» برای وارد آوردن تکان‌های کوچک به بدن. داروین تدریجاً به انسانی گوشه‌گیر تبدیل شد، به طوری که کمتر از داون هاوس یا خانهٔ مسکونی‌اش در کنت خارج می‌شد. یکی از نخستین کارهای او به محض نقل مکان به این خانه آن بود که آیینه‌ای در بیرون پنجرهٔ اتاق مطالعهٔ خود نصب کرد تا بتواند مراجعه کنندگان را شناسایی و در صورت لزوم از پذیرفتن ایشان خودداری کند.

داروین به این دلیل نظریه‌اش را پیش خودش نگه می‌داشت که خوب می‌دانست اگر آن را انتشار دهد چه توفانی به پا خواهد کرد. در سال ۱۸۴۴ یعنی سالی که داروین یادداشت‌هایش را به جایی قفل شده سپرد، انتشار کتابی به نام بقایای تاریخ طبیعی آفرینش با طرح این نظر که انسان‌ها احتمالاً بدون برخورداری از کمک پروردگار از موجودات پست‌تری به نام نخستی‌ها برآمده‌اند خشم دنیای متفکر را برانگیخت.

نویسنده که چنین واکنش خشمگینانه‌ای را پیش‌بینی می‌کرد، اقدامات لازم را برای پنهان نگهداشتن مشخصات خود به عمل آورده بود به طوری که حتی نزدیک‌ترین دوستانش تا چهل سال هیچ چیزی در این مورد نمی‌دانستند. برخی تصور می‌کردند که ممکن است شخص داروین این کتاب را نوشته باشد. عده‌ای نیز پرنس البرت را نویسندهٔ آن می‌پنداشتند. در اصل، نویسندهٔ این کتاب یک ناشر موفق و عموماً متواضع اسکاتلندی به نام رابرت چیمبرز بود که بی‌میلی‌اش به افشای نام خود یک بُعد عملی و در عین حال یک بُعد شخصی داشت: شرکت انتشاراتی او از ناشران بزرگ کتاب مقدس بود. کتاب بقایای تاریخ طبیعی آفرینش نه فقط با هجوم گرم و همه جانبهٔ روحانیون سراسر بریتانیا و کشورهای دیگر رو به رو شد بلکه خشم بسیاری از پژوهندگان زمانه را نیز برانگیخت. نشریهٔ ادینبره ریویو تقریباً یک شمارهٔ کامل خود را به تکه پاره کردن کتاب اختصاص داد. حتی ت. س. هاکسلی که از معتقدان به اصل تکامل بود آن را با مختصر نفرتی مورد حمله قرار داد بی‌آنکه بداند نویسنده‌اش از دوستان خود اوست.*

اگر ضربهٔ هشداردهنده‌ای که در اوایل تابستان سال ۱۸۵۸ به شکل بسته‌ای حاوی نامه‌ای دوستانه از یک طبیعت‌شناس به نام الفرد راسل والاس به اضافهٔ پیش‌نویس گزارشی با عنوان دربارهٔ گرایش انواع جانوران به فاصله گیری بی‌پایان از نوع اصلی توسط داروین دریافت نشده بود که مشتمل بود بر خلاصه‌ای از یک

* داروین از جمله افراد انگشت‌شماری بود که حدسش درست از آب درآمد. یک روز که تصادفاً به دیدار چیمبرز رفته بود دید که نسخهٔ نمونهٔ پیش از چاپ ویرایش ششم کتاب را آوردند و به چیمبرز تحویل دادند. وقتی چیمبرز در بررسی موارد تجدید نظر شده در بقایای تاریخ طبیعی آفرینش از خود واکنش نشان می‌داد رازش در نزد داروین برملا شد ولی ظاهراً هیچ بحث و گفتگویی در این مورد بین آن دو در نگرفت.

نظریهٔ انتخاب طبیعی با تشابهات مرموز به یادداشت‌های سری او، نسخهٔ دستنوشتهٔ داروین ممکن بود تا زمان مرگش در همان جای دربسته محبوس بماند. حتی برخی از عبارات آن گزارش بازتابی از عبارات خود داروین بودند. داروین مأیوسانه پیش خود اندیشید: «هیچ‌گاه به تشابهاتی چنین چشمگیر برنخورده‌ام. والاس حتی اگر پیش‌نویس دستنوشتهٔ مرا در سال ۱۸۴۲ تهیه کرده بود نمی‌توانست چکیده‌ای بهتر از این فراهم آورد.»

آن‌چنان که گاهی گفته می‌شود، والاس به شکلی تماماً غیرمنتظره به زندگی داروین راه نیافت. این دو از قبل با یکدیگر مکاتبه داشتند، و والاس چندین‌بار نمونه‌هایی را که تصور می‌کرد در کارهای داروین مفید واقع شوند، سخاوتمندانه برایش فرستاده بود. در جریان این تبادل‌های فکری، داروین محتاطانه به والاس فهمانده بود که موضوع آفرینش گونه‌ها را قلمرو اختصاصی پژوهش‌های خود می‌شمارد. مدتی پیش برای والاس چنین نوشته بود: «امسال تابستان به بیستمین سال (!) گشوده شدن نخستین دفتر یادداشت‌های من در مورد موضوع چگونگی و چرایی تفاوت‌های موجود بین گونه‌ها و نوع‌ها می‌رسیم.» به دنبال این سخن افزوده بود: «اکنون کارهایم را برای انتشار آماده می‌سازم،» هر چند عملاً چنین نبود.

داروین در بلاتکلیفی عذاب‌آوری گرفتار شده بود. اگر در به چاپ رساندن دستنوشته‌اش شتاب به خرج می‌داد بدین معنی می‌بود که از گزارش محرمانه و معصومانهٔ یکی از هوادارن دور دست خود سوء استفاده کرده است. اما اگر از این ماجرا پا پس می‌کشید، همچنان که از هر انسان شرافتمندی انتظار می‌رود، اعتبار تدوین نظریه‌ای را از دست می‌داد که خود مستقلاً پیشنهاد کرده بود. بر طبق اعترافات خود والاس، نظریهٔ مطرح شده توسط وی نتیجهٔ یک لحظه یا جرقهٔ ژرف‌نگری درونی بود. اما نظریهٔ داروین نتیجهٔ سال‌ها تفکر موشکافانه، خسته کننده و روش‌مدار بود. هر چه بود به طرز خرد کننده‌ای غیر منصفانه بود.

چارلز، پسر داروین که نام پدر را داشت، به بیماری مخملک مبتلا شده بود و حالش بسیار وخیم بود، که این خود بر وخامت اوضاع می‌افزود. پسر داروین در اوج بحران یعنی روز ۲۸ ژوئن چشم از جهان فرو بست. داروین علیرغم پریشانی و حواس پرتی حاصل از بیماری پسرش، فرصتی پیدا کرد و چند نامه به دوستانش چارلز لایل و جوزف هوکر نوشت و در آن‌ها گفت که می‌خواهد از این

کار کناره‌گیری کند اما به هیچ وجه نخواهد پذیرفت که چنین کاری بدین معنی است که کل کارهایش، «به هر قیمتی که شده، از هم پاشیده شوند و از بین بروند.» لایل و هوکر به راه حلی در حد وسط رسیدند و انتشار همزمان خلاصه‌ای از اندیشه‌ها و نظرات داروین و والاس در یک مجلد را پیشنهاد کردند. بدین منظور توافق کردند که جلسه‌ای در انجمن لینه تشکل دهند زیرا این انجمن نیز آن روزها در تلاش برای از سرگیری فعالیت و اعتبار خود به عنوان جایگاه بزرگان علم بود. روز اول ژوئیه ۱۸۵۸ نظریهٔ داروین و نظریهٔ والاس به جهانیان اعلام شد. خود داروین در آن جلسه حضور نداشت. در روز برگزاری جلسه، داروین و همسرش سرگرم خاک‌سپاری پسرشان بودند.

سخنرانی و طرح نظریه‌های داروین ـ والاس، یکی از هفت موردی بود که آن روز غروب بررسی شد ـ موضوع بعدی، گیاهان سرزمین آنگولا بود ـ و سی و چند نفر حاضر در آن جلسه حتی اگر اندیشه یا نظری دربارهٔ حضورشان در بالاترین جلسهٔ علمی آن سده داشتند، هیچ علامتی از خود بروز ندادند. هیچ بحثی در نگرفت. و این رویداد، در جاهای دیگر نیز توجه چندانی را به خود جلب نکرد. داروین بعدها با خوشحالی یادآور شد که فقط یک نفر یعنی پروفسور هاتن از دانشگاه دابلین، به در حال چاپ بودن هر دو گزارش اشاره کرد و به این نتیجه رسید که «هر آنچه در این‌ها بود دروغ بود و هر آنچه حقیقت داشت کهنه بود.»

والاس که همچنان در خاور دور به سر می‌برد، مدت‌ها بعد از رویداد بالا از این مانورها اطلاع یافت اما لحنی آشکارا معتدل داشت و خوشحال بود از اینکه اصولاً به حساب آورده شده بود. خود او بعدها تا پایان عمرش از این نظریه با عنوان «داروینیسم» یاد می‌کرد. آن که به‌مراتب کمتر از این در قبال ادعای اولویت داروین اصلاح‌پذیر به نظر می‌رسید یک باغدار اسکاتلندی به نام پتریک مثیو بود که وی نیز به طرز قابل توجهی به اصول انتخاب طبیعی رسیده بود ـ به بیان دقیق‌تر، در همان سالی که داروین بر کشتی بیگل نشسته و راهی دریاها شده بود. متأسفانه، مثیو این نظرات را در کتابی با عنوان الوار نیروی دریایی و درختکاری منتشر کرده بود، اما نه داروین آن را دیده بود نه دیگر دانشمندان جهان. مثیو کار را با نوعی سر زندگی آغاز کرد، نامه‌ای برای نشریهٔ *Gardner's Chronicle* نوشت، در حالی که می‌دید از داروین در همه جا به واسطهٔ پیشنهاد نظریه‌ای ستایش

می‌شود که در اصل به وی تعلق داشت. داروین بی‌درنگ از این بابت پوزش خواست، ولی محض ثبت در تاریخ متذکر شد: «گمان نمی‌کنم هیچ کس از این گفته در شگفت شود که تاکنون نه من چیزی دربارهٔ نظرات مثیو شنیده‌ام نه هیچ طبیعت شناس دیگر، با توجه به اینکه بسیار خلاصه مطرح شده‌اند در پیوست کتابی دربارهٔ الوار نیروی دریایی و درختکاری آمده‌اند.»

والاس تا پنجاه سال بعد همچون یک طبیعت‌شناس و اندیشمند به فعالیت‌هایش ادامه داد، گاهی بسیار خوب بود اما روز به روز از تعداد پشتیبانانش در عرصهٔ علم کاسته می‌شد چون به موضوعاتی شک برانگیز چون روح‌گرایی و امکان وجود حیات در دیگر نقاط کائنات گرایش پیدا می‌کرد. بدین ترتیب، نظریهٔ مذکور عیناً به عنوان نظریهٔ شخص داروین رأی گرفت و به رسمیت شناخته شد.

داروین یک لحظه از چنگال اندیشه‌هایش خلاصی نداشت. از خودش با عبارت «کشیش شیطان» یاد می‌کرد و می‌گفت علنی کردن این نظریه «مثل آن بود که کسی به ارتکاب قتل اعتراف کند.» گذشته از همهٔ اینها، می‌دانست که طرح این نظریه بیش از هر کسی همسر محبوب و پارسایش را آزرده است. با این حال، بلافاصله دست اندرکار شد و به تکمیل دستنوشته‌هایش در قالب اثری در خور عنوان کتاب برآمد. موقتاً عنوان چکیده‌ای از مقاله‌ای در باب منشاء گونه‌ها و انواع از طریق انتخاب طبیعی را بر آن نهاد ــ عنوانی نه چندان جدی و چنان موقتی که ناشر یعنی جان ماری تصمیم گرفت فقط پانصد نسخه از آن را انتشار دهد. اما به محض آنکه کتاب را همراه با دستنوشته و با عنوانی اندک جالب‌تر به ناشر تحویل داد جان‌ماری در تصمیم‌اش تجدید نظر کرد و ویرایش نخست را در ۱۲۵۰ نسخه منتشر کرد.

کتاب دربارهٔ منشاء گونه‌ها بلافاصله پس از انتظار با موفقیت مواجه گردید اما نتوانست نظر منتقدان را نیز با همان موفقیت به خود جلب کند. نظریهٔ داروین دو مشکل چاره‌ناپذیر داشت. نخست آنکه به زمانی به‌مراتب بیش از آنچه لرد کلوین مایل بود در اختیار داروین بگذارد نیاز داشت، و دوم آنکه مدارک فسیلی چندانی برای پشتیبانی از آن به دست نیامده بود. منتقدان ژرف‌اندیش‌تر داروین از او می‌پرسیدند شکل‌های انتقالی آشکارا مورد نیاز این نظریه را کجا می‌توان پیدا کرد؟ اگر گونه‌های جدید دایماً به ظهور می‌رسند، در آن صورت باید دنیایی از شکل‌های میانی به صورت پراکنده در سراسر بایگانی فسیلی جهان وجود

داشته باشد، اما چنین نیست.* به بیان دقیق‌تر، در مدارک فسیلی موجود در آن زمان (و تا سال‌های سال پس از آن) هیچ اثری از حیات تا لحظهٔ معروف به انفجار کامبرین به چشم نمی‌خورد.

اما اکنون داروین بدون هیچ‌گونه مدرکی به میدان آمده بود و بر این نکته پافشاری می‌کرد که دریاهای روزگاران گذشته به احتمال بسیار قوی سرشار از حیات بوده‌اند و ما تاکنون فقط نتوانسته‌ایم به آن دست پیدا کنیم زیرا به هر دلیلی که شده، تا این زمان محفوظ نمانده است. داروین می‌گفت غیر از این نمی‌تواند باشد. او صادقانه‌تر از هر کسی می‌پذیرفت که «مساله به شکل کنونی‌اش باید لاینحل بماند؛ و می‌توان به عنوان استدلالی معتبر در برابر نظراتی که در اینجا مطرح است حقیقتاً از آن دفاع کرد.» اما از پذیرفتن هر گزینهٔ دیگری خودداری می‌کرد. داروین در توضیح این سخن، حدس می‌زد ــ مبتکرانه اما نادرست ــ که شاید آب دریاهای پرکامبرین به قدری زلال بوده که هیچ رسوبی از خود برجا نگذاشته و نتوانسته است هیچ فسیلی را در خود حفظ کند.

حتی نزدیک‌ترین دوستان داروین از دل خوش کننده بودن برخی از ادعاهای او به دردسر می‌افتادند. ادم سجویک که در دانشگاه کیمبریج استاد داروین بود و او را در سال ۱۸۳۱ به یک گردش علمی زمین‌شناختی در ایالت ویلز برده بود گفت که این کتاب «بیش از آنکه مایهٔ خوشحالی شود موجب درد و رنج شده است.» لوی اگسی آن را به عنوان یک مشت حدسیات ضعیف رد کرد. حتی لایل با تلخکامی گفت: «داروین خیلی دور شده است.»

ت. هـ هاکسلی از اصرار داروین بر وجود زمان‌های طولانی زمین‌شناختی خشنود نبود زیرا خودش از دانشمندان پرش گرا یعنی از معتقدان به این اندیشه بود که تغییرات تکاملی نه تدریجاً بلکه ناگهانی رخ می‌دهند. پرش گرایان (Saltationists، از ریشهٔ لاتینی به معنی «پرش» و «جهش») نمی‌توانستند قبول کنند

---

* از قضا در سال ۱۸۶۱ و در اوج مشاجرات، یک چنین مدرکی به دست آمد و آن هنگامی بود که کارگران باواریایی، استخوان‌های یک آرکئوپتریکس باستانی را یافتند که موجودی است در حد واسط بین پرنده و دایناسور. (این موجود هم پر داشت هم دندان.) کشفی بسیار مهم و مفید بود؛ بحث‌های بی‌پایانی دربارهٔ اهمیت آن بین دانشمندان آغاز شد، اما یک مدرک تنها را به سادگی نمی‌شد مدرکی قطعی به شمار آورد.

که اندام‌های پیچیده اصولاً بتوانند در مراحل آرام و بی‌شتاب به ظهور برسند. آخر یک دهم بال یا یک دوم چشم به چه دردی می‌خورد؟ به گمان آن‌ها، این گونه اندام‌ها فقط در صورتی پذیرفتنی هستند که فقط در حالت تکمیل شده به ظهور برسند.

این اندیشه حتی با مخالفت متفکری افراطی چون هاکسلی مواجه شد زیرا از هر جهت یادآور یک نظریهٔ بسیار محافظه کارانهٔ مذهبی بود که نخستین‌بار در سال ۱۸۰۲ توسط ویلیام پالی روحانی انگلیسی مطرح شد و به عنوان استدلال مبتنی بر طراحی شناخته شد. پالی مدعی بود که اگر یک ساعت جیبی را روی زمین پیدا کنید، حتی اگر چنین چیزی را قبلاً ندیده باشید، بی‌درنگ متوجه خواهید شد که این چیز به وسیلهٔ یک موجود هوشمند ساخته شده است. به اعتقاد پالی، در مورد طبیعت نیز چنین است: پیچیدگی طبیعت دلیلی بر طراحی آن است. این نظریه، بسیار محکم بود و داروین را هم به دردسر انداخت. داروین در نامه‌ای به یک دوست نوشت: «مشاهدهٔ وضع کنونی، تا امروز، مرا سخت لرزانده است.» در کتاب منشاء گونه‌ها می‌نویسد: «باید اعتراف کنم بسیار بی‌معنی به نظر می‌رسد» که انتخاب طبیعی بتواند چنین ابزاری را در چند گام تدریجی تولید کند.

حتی اگر چنین باشد، و موجب رنجش بی‌پایان پشتیبانانش شود، داروین نه فقط اصرار داشت که هرگونه تغییری به تدریج تحقق می‌یابد بلکه در هر ویرایش کتاب منشاء گونه‌ها نیز بر مقدار زمانی که برای پیشرفت تکامل ضروری می‌دانست می‌افزود، که این خود هر روز از تعداد هواداران اندیشه‌هایش می‌کاست. به گفتهٔ جفری شوارتس دانشمند و مورخ: «سرانجام، داروین عملاً تمام پشتیبانان خود را در میان طبیعت‌شناسان و زمین‌شناسان از دست داد.»

طنز ماجرا در اینجا است که داروین با آنکه عنوان دربارهٔ منشاء گونه‌ها را برای کتابش انتخاب کرده بود، نتوانست چگونگی پیدایش گونه‌ها را تبیین کند. در نظریهٔ داروین، مکانیسمی برای چگونگی قوی‌تر یا بهتر یا پرشتاب‌تر ــ در یک کلام، مناسب‌تر ــ شدن هر گونه پیشنهاد شده بود اما هیچ اثری از چگونگی ساخته شدن یک گونهٔ جدید در آن دیده نمی‌شد. یک مهندس اسکاتلندی به نام فلیمینگ جنکین این مسأله را بررسی کرد و به وجود نقصی اساسی در استدلال داروین پی برد. داروین معتقد بود که هر صفت مفید که در یک نسل به ظهور می‌رسد به نسل‌های بعدی منتقل می‌شود و بدین ترتیب موجب تقویت آن گونه می‌گردد.

جنکین متذکر شد که وجود صفتی مفید در یکی از والدین در نسل‌های بعدی به صفت غالب تبدیل نمی‌شود بلکه به علت ترکیب با آن دیگری کم رنگ‌تر می‌شود. اگر ویسکی را در یک لیوان آب بریزید ویسکی قوی‌تر نمی‌شود بلکه ضعیف‌تر می‌شود. و اگر همان محلول رقیق شده را در یک لیوان دیگر بریزید ویسکی باز هم ضعیف‌تر می‌شود. به همین طریق، هر صفت مفید وارد شده توسط یکی از والدین، در جریان آمیزش‌های بعدی ضعیف‌تر می‌شود تا آنکه دیگر اثری از آن دیده نشود. بدین ترتیب، نظریهٔ داروین، نه نسخه‌ای برای تغییر بلکه نسخه‌ای برای ثبات بود. ممکن است هر چند گاه یک بار به تغییراتی مثبت برخورد شود، اما این گونه تغییرات تحت فشار گرایش کلی برای بازگرداندن همه چیز به حالت حد وسط، به زودی ناپدید می‌شوند. اگر قرار می‌بود انتخاب طبیعی به نتیجه برسد، به یک مکانیسم جایگزین و بررسی نشده نیاز بود.

بدون اطلاع داروین و دانشمندان دیگر، راهبی بازنشسته به نام گریگور مندل در فاصلهٔ هشتصد مایلی او و در گوشهٔ دنجی از اروپای مرکزی، آرام آرام به این راه حل دست می‌یافت.

مندل در سال ۱۸۲۲ در خانوادهٔ یک کشاورز میانه حال در گوشه‌ای از امپراتوری اتریش که امروزه جمهوری چک نامیده می‌شود دیده به جهان گشود. زمانی بود که چهرهٔ او را در کتاب‌های درسی همچون یک راهب ساده‌لوح اما نظاره‌گر روستایی ترسیم می‌کردند که به کشفیاتی عمدتاً تصادفی ــ در نتیجهٔ مشاهدهٔ برخی صفات جالب وراثتی در حین کشت تفریحی گیاه نخود در باغچهٔ آشپزخانهٔ صومعه ــ دست یافته بود. حقیقت آن است که مندل یک دانشمند آموزش دیده بود ــ در انستیتوی فلسفی اولموتس و دانشگاه وین در رشتهٔ فیزیک و ریاضی تحصیل کرده بود ــ و نظم علمی را در تمام کارهای روزمره‌اش رعایت می‌کرد. گذشته از این، صومعهٔ برنو که مندل در آن زندگی می‌کرد از سال ۱۸۴۳ به بعد به عنوان یک نهاد علمی شناخته می‌شد. کتابخانهٔ این موسسه بیش از بیست هزار جلد کتاب داشت و از پشتوانهٔ تحقیقات علمی بسیار دقیق برخوردار بود.

مندل پیش از پرداختن به آزمایش‌های معروف خود دو سال از عمرش را

صرف آماده‌سازی نمونه‌های شاهد شامل هفت نوع نخود کرد تا از حقیقی بودن نسل آن‌ها اطمینان حاصل کند. سپس با برخورداری از همکاری دو دستیار تمام وقت، بارها و بارها نخودهای دو رگهٔ برگرفته شده از سی هزار گیاه نخود را پیوند زد و با هم درآمیخت. کارش بسیار ظریف بود و از جملگی آن‌ها می‌طلبید که تمام دقت خود را به منظور اجتناب از هرگونه پیوند تصادفی به کار گیرند و کوچکترین تغییر در رشد و شکل ظاهر بذرها، نیامک‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها، و گل‌ها را یادداشت کنند. مندل می‌دانست که چه کار بزرگی را به سرانجام می‌رساند.

او هیچ‌گاه واژهٔ ژن را به کار نبرد ــ این واژه تا سال ۱۹۱۳ که در یک فرهنگ لغت پزشکی انگلیسی ظاهر شد به کار برده نشده بود ــ اما اصطلاح غالب (*dominant*) و مغلوب (*recessive*) را او ابداع کرد. آنچه او اثبات کرد این بود که هر بذری به قول خودش دو «عامل» و یا «عنصر» دارد ــ یکی غالب و دیگری مغلوب ــ و این عامل‌ها هرگاه با هم ترکیب شوند، الگوهایی وراثتی تولید می‌کنند که قابل پیش بینی هستند.

او نتایج به دست آمده را به یک فرمول دقیق ریاضی تبدیل کرد. مندل بر روی هم هشت سال از عمرش را صرف آزمایش‌های گوناگون کرد و سپس به تأیید نتایجش با آزمایش‌هایی بر روی انواع گل، ذرت و گیاهان دیگر پرداخت. مندل هر چه بود، در کارش روشی فوق‌العاده علمی داشت، زیرا وقتی یافته‌هایش را در جلسات فوریه و مارس انجمن تاریخ طبیعی برنو در سال ۱۸۶۵ مطرح ساخت، چهل شنوندهٔ حاضر در آن جلسات مودبانه به سخنان وی گوش سپردند اما علیرغم آنکه پیوند گیاهان از مدت‌ها قبل عملاً مورد توجه بسیاری از اعضای انجمن قرار گرفته بود، آشکارا تحت تأثیر قرار نگرفتند.

وقتی گزارش مندل منتشر شد، او نسخه‌ای از آن را مشتاقانه برای کارل‌ـ ویلهلم فون نگلی گیاه‌شناس بزرگ سویسی فرستاد زیرا پشتیبانی وی را برای آیندهٔ نظریهٔ خودش کم و بیش حیاتی می‌دانست. متأسفانه نگلی نتوانست به اهمیت آنچه مندل کشف کرده بود پی ببرد. او به مندل توصیه کرد که به پیوند علف قوش (hawkweed) بپردازد. مندل به اندرز نگلی گوش داد و همین کار را انجام داد اما خیلی زود دریافت که هیچ یک از خصوصیات لازم برای مطالعهٔ قابلیت انتقال توارث در علف قوش وجود ندارد. برای او روشن بود که نگلی مقاله و

گزارش او را به دقت نخوانده یا به احتمال قوی اصلاً نخوانده است. مندل که بدین ترتیب دلسرد شده بود از پژوهش در زمینهٔ توارث دست برداشت و باقی ماندهٔ سال‌های عمرش را به پرورش گیاهان برجسته و مطالعهٔ زنبور عسل، موش و لکه‌های خورشید و بسیاری موضوعات دیگر گذرانید. سرانجام به مقام راهب بزرگ رسید.

آن چنان که گاهی گفته می‌شود، کشفیات مندل یکسره نادیده گرفته نشدند. در دایرةالمعارف بریتانیکا عنوانی بزرگ به مطالعات او اختصاص داده شد ـ زیرا دایرةالمعارف مذکور آن روزها برخلاف امروز یکی از منابع مهم علمی به شمار می‌رفت ـ و در گزارش مهمی که ویلهلم اولبرز فوکه آلمانی تهیه کرده بود بارها به کارهای او اشاره و از نتایج پژوهش‌هایش نقل شد. به عبارت دقیق‌تر، علت این ماندگاری آن بود که اندیشه‌های مندل هیچ‌گاه یکسره از خط تراز اندیشهٔ علمی پایین‌تر نرفت و وقتی جهان برای پذیرش آن‌ها آماده گردید بی درنگ جایگاه حقیقی خود را باز یافتند.

داروین و مندل بی آنکه خود بدانند، با یکدیگر شالوده‌های لازم برای کل علوم زیستی در سدهٔ بیستم را پی افکندند. داروین به چشم خود دید که تمام موجودات زنده با یکدیگر مرتبط هستند و نهایتاً «مسیر اجدادی آن‌ها به یک منبع مشترک واحد» می‌رسد، در حالی که پژوهش‌های مندل مکانیسم لازم برای تبیین چگونگی وقوع چنین چیزی را فراهم ساخت. این دو دانشمند، خیلی ساده می‌توانستند یکدیگر را یاری کنند. مندل نسخهٔ آلمانی کتاب منشاء گونه‌ها را در اختیار داشت و بنا به معروف، آن را خوانده بود و به همین دلیل می‌توان احتمال قوی داد که به قابلیت استفاده از کارهای خودش در پژوهش‌های داروین پی برده بود، با این حال چنین به نظر می‌رسد که هیچ تلاشی برای ارتباط برقرار کردن با داروین به عمل نیاورده بود. معروف است که داروین نیز به سهم خود، گزارش بسیار مهم فوکه را مطالعه کرده و دیده بود که در آن بارها و بارها به پژوهش‌های مندل اشاره شده است، اما ارتباطی بین آن‌ها و مطالعات خودش برقرار نکرده بود.

نکته‌ای که از دیدگاه هر فردی در استدلال داروین جلب توجه می‌کند، یعنی تعلق انسان‌ها به نسل بوزینه‌ها یا میمون‌های آدم نما (apes)، اصولاً اهمیتی پیدا نکرد

جز آنکه برخی‌ها اشاره‌ای گذرا به آن کردند. با این حال پی بردن به معانی ضمنی تکامل انسان در نظریه‌های داروین نیازمند جهشی عظیم در نیروی تخیل نبود، بلافاصله نقل محافل گردید و محور بحث واقع شد.

رویارویی نهایی در روز یکشنبه ۳۰ ژوئن ۱۸۶۰ و در یکی از جلسات انجمن بریتانیایی پیشبرد علوم در دانشگاه آکسفرد به وقوع پیوست. رابرت چیمبرز نویسندهٔ کتاب بقایای تاریخ طبیعی آفرینش، مصرانه از هاکسلی خواسته بود که در این جلسه حضور یابد، هر چند وی هنوز از وجود ارتباط بین آن کتاب جنجالی و چیمبرز بی‌خبر بود. داروین، چون همیشه، غایب بود. جلسه در موزهٔ جانورشناسی دانشگاه آکسفرد تشکیل شد. بیش از هزار نفر در تالار حضور داشتند؛ صدها نفر دیگر اجازه یا امکان حضور مستقیم در آن را نیافتند. همه می‌دانستند که حادثه‌ای بزرگ در شُرف وقوع است، هر چند مجبور بودند نخست اندکی به انتظار بنشینند تا یک سخنران کسالت‌آور به نام جان ویلیام درپیر از دانشگاه نیویورک، پس از دو ساعت اشارات مقدماتی به «بررسی تکامل فکری اروپاییان با اشاره به نظرات آقای داروین،» راه خود را شجاعانه به اصل موضوع باز کرد.

سرانجام، سمیوئل ویلبرفورس اسقف آکسفرد از میان حاضران برخاست تا سخنرانی کند. ریچارد اوئن از شخصیت‌های ضد نظرات داروین که ویلبرفورس شب گذشته میهمان او بود، وی را با خلاصه‌ای از اندیشه‌های داروین آشنا کرده بود (یا عموماً چنین فرض می‌شود). تقریباً مانند تمام مواردی که برخی جلسات به غوغا و جنجال می‌انجامند، گزارش‌های مربوط به آنچه دقیقاً در این جلسه رخ داد ضد و نقیض هستند. بنابر رایج‌ترین روایت، ویلبرفورس وقتی خوب گرم صحبت شده بود خنده‌ای خشک بر لب آورد، به سوی هاکسلی برگشت و از او خواست در صورتی که خودش را از طریق اجداد مادری یا پدری به بوزینه‌ها وابسته می‌داند و چنین ادعایی دارد توضیحاتی به حاضران بدهد. تردیدی نیست که هدف از چنین اظهار نظری، نوعی طعنه زدن به نظرات داروین بود ولی از دید حاضران چالشی سرد و غیردوستانه تلقی شد. هاکسلی به گفتهٔ خودش به طرف کسی که پهلویش نشسته بود برگشت و در گوش او چنین گفت: «خداوند او را توی کف دست من گذاشته است،» و سپس با

مختصر شور و شوقی از جا بلند شد.

اما دیگران از هاکسلی در قالب شخصی که از خشم و عصبانیت به لرزه در آمده بود یاد کرده‌اند. به هر حال، هاکسلی به حاضران اعلام کرد که ترجیح می‌دهد مدعی خویشاوندی با یک بوزینه شود نه با کسی که از آوازهٔ خود برای طرح شر و ورهای بی‌اساس در جلسه‌ای که قرار است محل تبادل اندیشه‌های جدی و علمی باشد استفاده می‌کند. این پاسخ دندان شکن، یک گستاخی رسوا کننده و نیز توهینی به مقام ویلبرفورس بود و بی‌درنگ موجب برهم خوردن جلسه و بروز آشفتگی در آن شد. خانمی به نام لیدی بروستر از حال رفت. رابرت فیتس روی که ۲۵ سال پیش با داروین در کشتی بیگل همسفر بود، در حالی که کتاب مقدس را روی دست بلند کرده بود و فریاد می‌زد «این کتاب، این کتاب،» در تالار جلسه به حرکت درآمد. (او در این کنفرانس حاضر شده بود تا در مقام رییس ادارهٔ جدیدالتأسیس هواشناسی، گزارشی دربارهٔ توفان‌ها بدهد.) نکتهٔ جالب توجه آن است که پس از پایان جلسه، هر یک از طرفین، دیگری را به ایجاد آشوب و از راه به در کردن جلسه متهم می‌کردند.

سرانجام داروین در سال ۱۸۷۱ اعتقاد به خویشاوندی انسان و بوزینه را در کتاب نسل آدمی (*The Descent of Man*) به جهانیان اعلام کرد. با توجه به اینکه هیچ مدرکی در بایگانی فسیلی در تأیید چنین نظری وجود نداشت، انتشار این کتاب اقدامی جسورانه بود. تنها بقایای شناخته شدهٔ باقی مانده از آن زمان، استخوان‌های نئاندرتال معروف و چند تکهٔ نامشخص از استخوان‌های فک انسان بود که بسیاری از دانشمندان حتی در باستانی بودن آن‌ها تردید داشتند. کتاب نسل آدمی، روی هم رفته کتابی به‌مراتب بحث‌انگیزتر بود اما زمانی که منتشر شد از قابلیت تهییج جهانیان کاسته شد و استدلال‌های مطرح شده در آن موجب آشوب‌های به‌مراتب کمتری شد.

اما داروین بیشترین سال‌های دورهٔ پایانی عمرش را صرف تحقیق در پروژه‌های دیگری کرد که در اغلب آن‌ها فقط به شکلی خلاصه به موضوعات مرتبط با انتخاب طبیعی اشاره می‌شد. مدت‌های طولانی به دست چین کردن فضولات پرندگان و بررسی موشکافانهٔ محتویات آن‌ها در تلاش برای پی بردن به علل انتشار بذرها بین قاره‌ها پرداخت و چند سال دیگر را نیز به مطالعهٔ رفتار

کرم‌ها اختصاص داد. یکی از آزمایش‌های او نواختن پیانو برای آن‌ها نه به منظور سرگرم سازی آن‌ها بلکه به منظور مطالعهٔ اثرات صدا و ارتعاش بر آن‌ها بود. او نخستین کسی بود که متوجه شد کرم‌ها اهمیتی بس حیاتی برای حاصلخیزی خاک دارند. در شاهکاری که بدین منظور اختصاص داد، یعنی در کتاب شکل‌گیری کپک گیاهی از طریق عمل کرم‌ها چنین نوشت (۱۸۸۱): «شاید بتوان تردید کرد در این که چندین جانور دیگر وجود دارند که نقشی چنین مهم در تاریخ جهان ایفا کرده باشند.» در واقع این کتاب بیش از کتاب دربارهٔ منشاء گونه‌ها به شهرت رسید. از جملهٔ دیگر کتاب‌های داروین می‌توان به عنوان‌های زیر اشاره کرد: دربارهٔ مشاجرات مربوط به بارورسازی ارکیده‌های بریتانیایی و بیگانه به وسیلهٔ حشرات (۱۸۶۲)، بیان احساسات در انسان و جانوران (۱۸۷۲)، که نزدیک به ۵۳۰۰ نسخهٔ آن در نخستین روز فروخته شد، اثرات دگر پیوندی و خود پیوندی در سلسلهٔ گیاهان (۱۸۷۶) ــ موضوعی که به طرز عجیبی به کارهای خود مندل نزدیک شد ــ و آخرین کتابش قدرت حرکت در گیاهان و نکتهٔ دیگر ــ اما نه آخرین نکته ــ این که او تلاش بسیاری در جهت مطالعهٔ پیامدهای درون‌آمیزی به عمل آورد. این موضوع از موضوعات مورد علاقهٔ او بود. داروین که با دختر عموی خودش ازدواج کرده بود، اندوهگینانه به این موضوع می‌اندیشید که برخی نواقص جسمانی و روانی در فرزندانش نتیجهٔ عدم وجود تنوع در شجره نامهٔ اوست.

از داروین در طول حیاتش همواره ستایش می‌شد اما نه به واسطهٔ نوشتن کتاب دربارهٔ منشاء گونه‌ها یا کتاب نسل آدمی. وقتی نشان گرانقدر کاپلی (Copley Medal) توسط انجمن پادشاهی بریتانیا به وی اعطا شد، برای پژوهش‌های وی در رشته‌های زمین‌شناسی، جانورشناسی، و گیاه‌شناسی بود نه برای تدوین نظریه‌های تکاملی، و انجمن لینه نیز به همین طریق گرامی داشت و را بدون قبول نظرات افراطی‌اش برای خود یک افتخار می‌دانست. علیرغم آنکه داروین در وستمینستر ابی ــ در کنار نیوتن ــ به خاک سپرده شد، هیچگاه لقب سِر (Sir) به وی اعطا نشد. در آوریل ۱۸۸۲ در داون (Down) چشم از جهان فرو بست. مندل دو سال پس از او درگذشت.

نظریهٔ داروین تا دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ و انتشار نظریه‌ای ظریف‌تر و آمیخته با تکبری اندک به نام سنتز نوین (Modern Synthesis) که تلفیقی از

اندیشه‌های داروین با اندیشه‌های مندل و دیگران بود، عملاً مورد قبول واقع نشده بود. ستایش از مندل نیز به سال‌های پس از مرگ او موکول شد، اما اندکی زودتر از داروین. در سال ۱۹۰۰، سه دانشمند که جدا از یکدیگر در اروپا به تحقیق مشغول بودند، کم و بیش همزمان نتایج کارهای مندل را از نو کشف کردند. فقط چون یکی از آن‌ها یعنی یک هلندی به نام هوخو دِوریس ظاهراً می‌خواست نظریه‌های ژرف مندل را به عنوان ابداعات خودش به دیگران معرفی کند، رقیبش با سر و صدای بسیار فاش ساخت که امتیاز این دستاوردها به آن راهب فراموش شده تعلق دارد.

جهان، تقریباً اما نه کاملاً برای درک اینکه ما چگونه به اینجا رسیدیم ـ چگونه هم‌دیگر را ساختیم ـ آماده شده بود. تصور اینکه در ابتدای سدهٔ بیستم و تا چند سال پس از آن، پیشرفته‌ترین اذهان علمی جهان نمی‌توانستند به مردم بگویند که بچه‌ها چگونه تشکیل می‌شوند، نسبتاً حیرت‌انگیز بود.

و فراموش نکنید که این‌ها همان دانشمندانی بودند که معتقد بودند دوران علم تقریباً به سر آمده است.

# ۲۶ مادهٔ حیات

اگر پدر و مادر هر یک از ما درست در همان لحظه‌ای که به یکدیگر پیوستند ــ شاید تا حد ثانیه، شاید تا حد نانو ثانیه ــ چنین نکرده بودند، اکنون من و شما در اینجا نمی‌بودیم. و اگر پدر و مادر آن‌ها نیز دقیقاً به همین طریق و به‌موقع به یکدیگر نپیوسته بودند، و الی آخر، مسلماً و قطعاً هیچ یک از افراد پس از ایشان اکنون وجود نمی‌داشتند.

اگر در مسیر زمان همچنان به عقب برگردید، این مدیونیت‌های اجدادی، سنگین‌تر و سنگین‌تر می‌شوند. کافی است فقط هشت نسل به عقب برگردید و به حدود روزگاری برسید که چارلز داروین و آبراهام لینکلن در آن چشم به جهان گشودند تا ببینید که وجود امروزی شما به جفت شدگی به‌موقع ۲۵۰ نفر بستگی پیدا می‌کند. باز هم به عقب‌تر بروید به روزگار شکسپیر و زایران یا آوارگان سوار بر کشتی میفلاور برسید تا ببینید چیزی در حدود ۱۶,۳۸۴ نفر از نیاکان‌تان مشتاقانه دست اندرکار مبادلهٔ مادهٔ ژنتیکی به چنان طریقی هستند که سرانجام و به طرزی معجزه آسا، شکل‌گیری و تولد شما را به دنبال می‌آورد.

بیست نسل پیش، تعداد افرادی که به نمایندگی از شما به زاد و ولد مشغول بودند به ۱,۰۴۸,۵۷۶ نفر رسیده است. اگر پنج نسل پیش از آن بروید تعداد زنان و مردانی که هستی کنونی شما وابستهٔ جفت شدگی عاشقانهٔ آن‌هاست به ۳۳,۵۵۴,۴۳۲ نفر می‌رسد. در سی نسل پیش، کل تعداد نیاکان ــ البته فراموش نکنید که این‌ها عموزاده‌ها و عمه‌زاده‌ها و دیگر خویشاوندان تصادفی نیستند بلکه فقط والدین و والدینِ والدین در امتداد یک خط محتوم به شما هستند ــ به

بیش از یک میلیارد (و دقیقاً به ۱,۰۷۳,۷۴۱,۸۲۴) نفر می‌رسد. اگر شصت و چهار نسل به عقب برگردید و به روزگار رومیان برسید، تعداد کسانی که وجود امروزی شما به تلاش‌های همدلانه و همکارانهٔ آن‌ها بستگی دارد به چیزی در حدود ۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ نفر می‌رسد، چندین هزار برابر تعداد کل انسان‌هایی می‌شود که تاکنون در این کرهٔ خاکی زیسته‌اند.

تردیدی نیست که در اینجا اِشکالی در محاسبات ما پیش آمده است. شاید برایتان جالب باشد که بدانید شجره‌نامهٔ شما خالص نیست. هیچکس بدون وقوع چند عمل زنا ــ یا عملاً هزاران مورد زنا ــ هرچند در یک مرحلهٔ نامحسوس از لحاظ ژنتیکی، نمی‌توانسته است بدینجا رسیده باشد. ما با داشتن میلیون‌ها جد در تاریخچهٔ گذشتهٔ خودمان، موارد بسیاری را پیش رو خواهیم داشت که در آن یکی از خویشاوندان طرف مادری خانواده‌مان با یکی از اقوام دور دست طرف پدری‌مان ازدواج کند و صاحب اولاد شود. به بیان دقیق‌تر، اگر شما در حال حاضر با کسی از نژاد و کشور خودتان ازدواج کرده‌اید و با او زندگی می‌کنید احتمال بسیار می‌رود که در یک سطح با همدیگر خویشاوندی داشته باشید. بدین معنی که وقتی در اتوبوس نشسته‌اید یا در پارک یا قهوه‌خانه یا در هر جای شلوغ دیگری حضور می‌یابید اگر نگاهی به اطراف‌تان بیندازید، اغلب افرادی که مشاهده می‌کنید به احتمال قوی با یکدیگر خویشاوند هستند. وقتی کسی مغرورانه (در بریتانیا) اعلام می‌کند که از نوادگان ویلیام فاتح یا از نسل آوارگان سوار بر کشتی میفلاور است، بی درنگ باید چنین پاسخی به او داده شود: «من هم!» ما همگی، به معنی دقیق و احض کلمه اعضای یک خانواده‌ایم.

همچنین ما به طرز مرموزی به یکدیگر شباهت داریم. اگر ژن‌های خودتان را با ژن‌های هر انسان دیگری مقایسه کنید متوجه خواهید شد که در حدود ۹۹/۹ درصد این ژن‌ها تفاوتی با هم ندارند. همین است که از ما یک گونه به وجود می‌آورد. تفاوت‌های جزیی در آن ۱/۰ درصد باقیمانده ــ «تقریباً یک باز نوکلئوتید در هر هزار تا» به گفتهٔ جان سالستن دانشمند ژنتیک‌دان بریتانیایی و برندهٔ جایزهٔ نوبل ــ نیز همان چیزهایی هستند که فردیت هر یک از ما انسان‌ها را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری در زمینهٔ شناخت ژنوم (genome) انسان به عمل آمده است. به بیان دقیق‌تر، اصولاً چیزی به نام «اخص»

ژنوم انسان وجود ندارد. هر ژنوم انسان با دیگری متفاوت است. در غیر این صورت، ما همگی موجوداتی مشابه می‌شدیم. همین ترکیب‌های مجدد و بی پایان ژنوم‌های ما ـ هر یک تقریباً اما نه تماماً، مشابه دیگری ـ است که ما را به آن چیزی تبدیل می‌کند که در قالب فرد و گونه وجود داریم.

اما راستی، این چیزی که ژنوم نامیده می‌شود چیست؟ و علاوه بر آن ژن چیست؟ در پاسخ بیایید بحث را دوباره از سلول آغاز کنیم. در داخل سلول یک هسته وجود دارد و در داخل هر هسته نیز کروموزوم‌ها ـ چهل و شش دستهٔ کوچک و پیچیده که بیست و سه تای آن‌ها از مادر و بیست و سه تای دیگر از پدر به ما می‌رسد ـ وجود دارند. با چند استثنای انگشت شمار، هر سلول در بدن ما ـ یعنی ۹۹/۹ درصد سلول‌ها ـ مجموعهٔ کروموزوم‌های مشابهی دارد. (آن چند استثنا عبارتند از سلول‌های قرمز، چند سلول سیستم مصونیت، و سلول‌های تخم و اسپرم، که به دلایل گوناگون سازمانی، مجموعهٔ کامل ژنتیکی را با خود حمل نمی‌کنند.) کروموزوم‌ها مجموعهٔ کامل دستورالعمل‌های لازم برای به وجود آمدن و برپا نگهداشتن ما را می‌سازند و از رشته‌هایی دراز و دارای کمترین شگفتی شیمیایی به نام دزوکسی‌ریبونوکلئیک اسید یا DNA ـ یا به قولی «خارق‌العاده‌ترین مولکول در کرهٔ زمین» ـ تشکیل می‌شوند.

DNA فقط به یک دلیل ـ برای آفریدن DNAهای بیشتر ـ وجود دارد، و هر انسان انبوهی از DNA در درون خویش دارد: نزدیک به ۶ فوت از آن، تقریباً در هر سلولی به حالت فشرده وجود دارد. طول هر DNA شامل چیزی در حدود ۳/۲ میلیارد حرف کدگذاری می‌شود که برای تولید $۱۰^{۳,۴۸۰,۰۰۰,۰۰۰}$ ترکیب محتمل کفایت می‌کند و به گفتهٔ کریستیان دو دووه «تضمین شده است که در برابر تمام احتمالات، همواره بی‌مانند باشد.» این همه احتمال به هیچ وجه کم نیست ـ عدد ۱ و به دنبال آن سه میلیارد صفر. دو دووه متذکر می‌شود که فقط چاپ کردن این رقم به بیش از ۵,۰۰۰ کتاب با قطع متوسط نیاز دارد. به چهرهٔ خودتان در آیینه بنگرید و به این واقعیت بیندیشید که سرگرم تماشای ده هزار تریلیون سلول هستید و تقریباً تک‌تک آن‌ها چیزی در حدود ۲ یارد DNAی متراکم را در خود نگهداشته‌اند، آنگاه آرام‌آرام متوجه می‌شوید که فقط چه مقداری از این ماده را با خودتان حمل می‌کنید. اگر تمام DNAی شما به هم بافته شود و به شکل یک

رشتهٔ ظریف تنها در آید، مقدار آن برای کشیده شدن در فاصلهٔ بین کرهٔ زمین تا ماه و دوباره برگشتن به کرهٔ زمین آن هم نه یک بار یا دوبار بلکه بارها و بارها، کفایت می‌کند. بر روی هم، بر طبق یک محاسبه، هر یک از ما احتمالاً چیزی در حدود بیست میلیون کیلومتر DNA به صورت کلاف در درون خویش داریم.

خلاصه آنکه بدن ما، عاشق تولید DNA است و بدون آن نیز کسی نمی‌تواند زنده بماند. با این حال، خود DNA زنده نیست. هیچ مولکولی، بویژه غیرزنده نیست اما DNA مخصوصاً غیر زنده است. به گفتهٔ ریچارد لونتین ژنتیک‌دان، DNA «از جملهٔ بی‌واکنش‌ترین و از لحاظ شیمیایی خنثی‌ترین مولکول‌های جهان زنده است.» به همین دلیل است که می‌توان آن را از لکه‌های خون خشکیده یا منی انسان در تحقیقات مربوط به قتل به دست آورد و از استخوان‌های باستانی انسان‌های نئاندرتال بیرون کشید. همچنین، به همین دلیل است که پی بردن به اینکه ماده‌ای با این گونه مهار شدگی اسرارآمیز ــ به عبارت دیگر این گونه بی‌حیات ــ می‌تواند در قلب خود حیات قرار داشته باشد نیز زمانی بس طولانی از دانشمندان می‌طلبید.

DNA به عنوان یک جسم شناخته شده، از زمانی بس کهن‌تر از آنکه بتوان در تصور آورد وجود داشته است. DNA در سال ۱۸۶۹ توسط یوهان فردریک میشر دانشمند سویسی شاغل در دانشگاه توبینگن آلمان کشف شد. میشر در حالی که با استفاده از میکروسکپ در چرک روی نوارهای زخم‌بندی پس از عمل جراحی به تحقیق پرداخته بود جسمی یافت که برایش ناشناخته بود. او این جسم را نوکلئین (nuclein) نامید (به معنی «در هسته»، چون در داخل هسته‌های سلول‌ها قرار داشت). در آن زمان، میشر کاری جز توجه به وجود آن جسم نکرد اما تصویر نوکلئین را به شکلی واضح در ذهن خود نگهداشت زیرا بیست و سه سال بعد در نامه‌ای که به عمویش نوشت این احتمال را مطرح ساخت که این‌گونه مولکول‌ها می‌توانند عامل نهفته در ورای وراثت باشند. این یک ژرف‌نگری خارق‌العاده بود اما به قدری از سطح نیازهای علمی روزگار بالاتر بود که اصولاً توجه کسی را به خود جلب نکرد.

در دورهٔ پنجاه و چند سالهٔ بعدی، فرض غالب این بود که این ماده ــ با عنوان جدید اسید دزوکسی ریبونوکلئیک یا DNA ــ در بالاترین حد ممکن یک نقش کمکی در موضوعات وراثت ایفا می‌کند. DNA بسیار ساده بود. فقط چهار جزء تشکیل‌دهنده به‌نام نوکلئوتید داشت، که مثل این است که الفبایی متشکل از فقط چهار حروف داشته باشیم. راستی با این الفبای ابتدایی چگونه می‌شود داستان حیات را نوشت؟ (پاسخ چنین است که این‌کار را همان گونه انجام می‌دهیم که پیام‌های بغرنج را با استفاده از چند نقطه و خط‌تیرهٔ ساده دستگاه رمز مورس می‌نویسیم ــ با تلفیق کردن آن‌ها.) تا جایی‌که بر ما روشن شده است DNA اصولاً کاری انجام نداده است. کارش فقط یک حضور صاف و ساده در هستهٔ سلول و برقرار کردن نوعی از اتصال بین کروموزوم‌ها یا افزودن اندکی ظاهر اسیدی بر فرمان‌ها یا انجام دادن کاری پیش‌پاافتاده از نوعی است که تاکنون کسی در تصور نیاورده است. تصور غالب این بود که پیچیدگی لازم می‌بایست در پروتئین‌های داخل هسته وجود داشته باشد.

اما نادیده گرفتن DNA با دو مشکل همراه بود. نخست آنکه تعداد و مقدار آن بسیار زیاد بود: دو یارد و تقریباً در هر هسته، بنابراین روشن است که سلول‌ها احترامی فراوان برایش قایل بودند. گذشته از این، در کارهای تحقیقاتی و آزمایش‌ها، همانند یک فرد مظنون در حادثهٔ قتل مرموز دایماً خودنمایی می‌کرد. مخصوصاً در دو مورد مطالعهٔ انجام شده، یکی با وجود باکتری نوموموکوکس (*pneumonococcus*) و دیگری با وجود باکتری‌خوارها (bacteriophages، ویروس‌هایی که باکتری‌ها را آلوده می‌کنند)، DNA چنان اهمیتی از خود بروز داد که فقط اگر نقشی محوری‌تر از آنچه در تفکر غالب برایش قایل بودند ایفا می‌کرد قابل تبیین می‌شد. مدارک موجود نشان داد که DNA به نحوی در ساخته شدن پروتئین‌ها یا فرایند ضروری برای وجود حیات دخالت دارد، با این‌حال روشن بود که پروتئین‌ها جایی در خارج از هسته و خیلی دورتر از DNA که به‌نظر می‌رسید در ایجاد اتصال بین آن‌ها نقش فرماندهی دارد ساخته می‌شدند.

هیچ کس نمی‌توانست از چگونگی احتمال پیام‌رسانی به پروتئین‌ها توسط DNA سردرآورد. پاسخ همچنان که می‌دانیم RNA یا اسید ریبونوکلئیک بود که در نقش مترجم حضوری بین آن دو عمل می‌کند. از عجایب بزرگ زیست‌شناسی آن

است که DNA و پروتئین‌ها به یک زبان تکلم نمی‌کنند. آن‌ها در دوره‌ای نزدیک به چهارمیلیارد و پانصد میلیون سال، دو بازیگر بزرگ دنیای جاندار بوده‌اند، و با این‌حال در برابر کدهایی متقابلاً ناسازگار از خود واکنش نشان می‌دهند، طوری که گویی یکی به زبان اسپانیولی سخن می‌گوید و آن دیگری به هندی. برای ارتباط برقرارکردن با یکدیگر به یک میانجی در قالب RNA که با یک منشی شیمیایی به‌نام ریبوزوم (ribosome) کار می‌کند، اطلاعات دریافتی از DNAی سلول را به صورت اطلاعاتی ترجمه می‌کند که پروتئین‌ها بتوانند آن‌ها را بفهمند و برطبق آن‌ها عمل کنند.

لیکن در اوایل دهۀ ۱۹۰۰ یعنی همان دهه‌ای که داستان‌مان را درآنجا از سر می‌گیریم، بشر هنوز فاصله‌ای بس طولانی با درک آن یا تقریباً هر چیز دیگری داشت که با موضوع آشفته و بغرنج وراثت ارتباط پیدا می‌کند.

تردیدی نیست که به نوعی آزمایش الهام‌یافته و تیزهوشانه نیاز بود، و خوشبختانه در آن سال‌ها جوانی برخوردار از هوش و پشتکار لازم برای انجام چنین مهمی وارد میدان شد. وی تامس هانت مورگان نام داشت و در سال ۱۹۰۴ یعنی فقط چهار سال پس از کشف مجدد و به‌موقع آزمایش‌های مندل با استفاده از گیاه نخود و هنوز نزدیک به ده سال مانده تا رواج واژهٔ ژن، به انجام آزمایش‌ها و تحقیقاتی پیگیرانه با کروموزوم‌ها پرداخت.

کروموزوم (فام‌تن) در سال ۱۸۸۸ تصادفاً کشف شده بود و علت نام‌گذاری آن بدین صورت نیز آن بود که خیلی سریع رنگ را به خود جذب می‌کرد و مشاهدهٔ آن در زیر میکروسکپ آسان می‌شد. در آغاز سدهٔ بیستم، تصور غالب چنین بود که کروموزوم‌ها در انتقال صفات وراثتی دخالت دارند، اما هیچ کس چیزی از چگونگی یا اصولاً از واقعیت داشتن چنین دخالتی نمی‌دانست.

مورگان یک مگس کوچک و ظریف را که رسماً مگس میوه (*Drosophila melanogaster*) یا مگس سرکه، مگس موز، یا مگس زباله نامیده می‌شد به عنوان موضوع مورد مطالعهٔ خود برگزید. این مگس در نزد اغلب ما به حشره‌ای شکننده و بی‌رنگ معروف است که تمایلی ناخواسته به غرق کردن خود در نوشیدنی‌های ما دارد. مگس‌های میوه به عنوان نمونه‌های آزمایشگاهی، دارای برخی امتیازهای بسیار جالب بودند: نگهداری و تغذیهٔ آن‌ها تقریباً هیچ هزینه‌ای

نداشت، می‌شد آن‌ها را میلیون میلیون در بطری‌های شیر تکثیر کرد، به فاصلهٔ ۱۰ روز یا کمتر پس از مرحلهٔ تخم، وارد مرحلهٔ تولید مثل می‌شدند و فقط چهار کروموزوم داشتند که این موجب سادگی و راحتی بسیاری از کارها می‌شد.

مورگان و گروه همکارانش که در آزمایشگاهی کوچک (که بعدها الزاماً تالار مگس نامیده شد) در شرمرهورن (Schermerhorn) دانشگاه کلمبیا در نیویورک کار می‌کردند، اجرای یک برنامهٔ اصلاح و تکثیر بسیار موشکافانه شامل میلیون‌ها مگس (یا میلیاردها مگس به گفتهٔ یک زندگینامه‌نویس، که احتمالاً اغراق‌آمیز است) را هدف خویش قرار دادند، به طوری که مجبور بودند تک‌تک مگس‌ها را با موچین بگیرند و با استفاده از ذره‌بین ساعت‌سازها مشاهده کنند و از کوچکترین تغییرات وراثتی در آن‌ها مطمئن شوند. در طی شش سال با استفاده از هر وسیله‌ای که به ذهن‌شان می‌رسید ــ مانند از کار انداختن مگس‌ها با استفاده از تشعشع و اشعهٔ ایکس، پرورش آن‌ها در زیر نور قرمز و در تاریکی، آرام پختن آن‌ها در داخل کوره، قراردادن و چرخاندن آن‌ها در سانتریفوژ با سرعت‌های سرسام‌آور ــ کوشیدند در آن‌ها جهش ایجاد کنند ولی هیچ تغییری مشاهده نشد. چیزی نمانده بود که مورگان تسلیم شود و دست از کار بشوید که جهشی ناگهانی و قابل تکرار در مگس‌ها رخ داد ــ یعنی مگسی متولد شد که به جای چشمان قرمز معمولی، چشمان آبی داشت. بااین کشف، مورگان و دستیارانش توانستند تغییر شکل‌هایی مفید در مگس‌ها ایجاد کنند و بگذارند صفتی خاص در آن‌ها به چندین نسل پیاپی برسد. بدین‌طریق آن‌ها توانستند به همبستگی‌های بین صفات ویژه و تک‌تک کروموزوم‌ها پی ببرند و سرانجام اثبات کنند که کروموزوم‌ها در قلب وراثت جای گرفته‌اند. این کشف، کم و بیش موجبات رضایت خاطر همگان را فراهم آورد.

اما مسأله، در سطح بعدی پیچیدگی زیست‌شناختی به جای خود باقی ماند: ژن‌های اسرارآمیز و DNAی تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها. جداسازی و شناخت اینها بمراتب پردردسرتر بود. در اواخر سال ۱۹۳۳ یعنی وقتی مورگان به واسطهٔ تحقیقاتش برندهٔ جایزهٔ نوبل شد، هنوز بسیاری از پژوهندگان متقاعد نشده بودند که اصولاً چیزی به‌نام ژن وجود داشته باشد. به گفتهٔ مورگان در همان زمان، «در مورد اینکه ژن چیست ــ آیا واقعیت دارد یا آنکه صرفاً زاییدهٔ تخیل انسان است،» هیچ‌گونه اتفاق‌نظر وجود نداشت. شاید شگفت‌انگیز به‌نظر برسد که دانشمندان

توانستند در جهت پذیرش واقعیت فیزیکی چیزی تلاش به خرج دهند که اهمیتی چنین حیاتی برای فعالیت سلولی دارد، اما همچنان که والاس، کینگ، و سندرز در کتاب زیست‌شناسی: علم حیات از منابع قابل مطالعهٔ دانشگاهی تذکر داده‌اند، وضعیت امروزی ما در زمینهٔ فرآیندهای ذهنی مانند تفکر و حافظه خیلی زیاد به وضعیت آن روزی شباهت دارد. البته می‌دانیم که این دو چیز را داریم، ولی نمی‌دانیم اگر چیزهایی به این دو نام وجود داشته باشند، شکل فیزیکی‌شان چگونه خواهد بود. در مورد ژن‌ها نیز مدت‌های مدید، وضع برهمین روال بود. این اندیشه که بتوان یک ژن را از بدن جدا کرد و برای مطالعه به آزمایشگاه برد، درست به اندازهٔ این اندیشه که دانشمندان امروزی بتوانند یک اندیشهٔ سرگردان را صید کنند و در زیر میکروسکپ مورد بررسی قرار دهند، از دید بسیاری از همکاران مورگان اندیشه‌ای محال به‌نظر می‌رسید.

آنچه بدون تردید حقیقت داشت این بود که چیزی مرتبط با کروموزوم‌ها کار تکثیر سلولی را هدایت می‌کرد. سرانجام در سال ۱۹۴۴ یعنی پس از پانزده سال تلاش، گروهی از پژوهندگان به رهبری یک کانادایی برجسته اما متفاوت به نام آزولد ایوری در انستیتوی راکفلر مانهاتان، با انجام آزمایشی بغرنج که در آن یک رشته باکتری بی‌خطر با عبور دادن DNAی بیگانه از آن به طور دایمی آلوده شده بود توانستند اثبات کنند که DNA بمراتب از یک مولکول منفعل فراتر و تقریباً بدون هیچ تردیدی عامل فعال در وراثت است. اروین چارگف زیست شیمی‌دان اتریشی‌تبار، بعدها خیلی جدی اعلام کرد که کشف ایوری شایستهٔ دریافت دو جایزهٔ نوبل است.

متأسفانه، یکی از همکاران خود ایوری در آن مؤسسه، که از هواداران قاطع و بداخلاق پروتئین بود و الفرد میرسکی نامیده می‌شد با وی به مخالفت برخاست. او به هر کاری که در توان داشت دست زد تا کارهای ایوری را بی‌اعتبار سازد ــ از جمله اینکه می‌گویند با مقامات انستیتوی کارولینسکا در استکهلم وارد گفتگو شد تا آن‌ها را از دادن جایزهٔ نوبل به ایوری منصرف کند. در این هنگام شصت و شش سال از عمر ایوری می‌گذشت و خودش نیز احساس خستگی می‌کرد. او که توان مقابله با این فشار عصبی و مشاجرات را نداشت از کار استعفا داد و دیگر در هیچ آزمایشگاهی قدم نگذاشت. ولی با انجام آزمایش‌های دیگر

در جاهای دیگر، نتیجه‌گیری‌های ایوری قویاً تأیید شد و در اندک مدتی، مسابقه برای پیداکردن ساختار DNA آغاز گردید.

اگر شما در دههٔ ۱۹۵۰ از علاقمندان به شرط‌بندی می‌بودید پول‌تان را تقریباً بدون هیچ تردیدی در اختیار لاینس پولینگ شیمی‌دان پیشتاز آمریکایی در دانشگاه کلتک قرار می‌دادید تا در تحقیقات مربوط به شکستن ساختار DNA به کار گیرد. پولینگ در تغییر ساختار مولکول‌ها رقیبی نداشت و تا پیش‌از آن نیز از پیشگامان عرصهٔ بلورنگاری (crystallography) به شمار می‌رفت، که معلوم شد تسلط بر آن برای راه یافتن به قلب DNA ضرورتی حیاتی دارد. او در جریان زندگی شغلی فوق‌العاده برجستهٔ خود برندهٔ دو جایزهٔ نوبل (برای شیمی در سال ۱۹۵۴ و صلح در سال ۱۹۶۲) شد، اما در مورد DNA متقاعدشده بود که ساختار مارپیچ سه‌گانه‌ای دارد و هیچ‌گاه وارد مسیر درست نمی‌شود. در اینجا، پیروزی نصیب گروهی متشکل از چهار دانشمند در انگلستان شد که در قالب گروه کار نمی‌کردند، کمتر با یکدیگر صحبت می‌کردند، و از بسیاری جهات در این عرصه تازه‌کار بودند.

از میان این چهارتن، ماریس ویلکینز از دیگران به سنت علمای کهن نزدیکتر بود و در سال‌های جنگ دوم جهانی از دستیاران و عاملان طراحی بمب اتمی به شمار می‌رفت. دو دانشمند دیگر یعنی روزالیند فرانکلین و فرانسیس کریک در سال‌های جنگ دوم جهانی به ساخت و تولید مین برای دولت بریتانیا مشغول بودند ـ کریک از نوع افرادی که منفجر می‌کنند و فرانکلین از نوع افرادی که زغال‌سنگ تولید می‌کنند.

غیر سنتی‌تر از آن سه، جیمز واتسن اعجوبهٔ آمریکایی بود که در سنین نوجوانی به عنوان عضوی از یک برنامهٔ فوق‌العاده دوست‌داشتنی رادیو به نام بچه‌های امتحان (*The Quiz Kids*) شهرت یافته بود و به همین علت می‌توانست ادعا کند که دست کم بخشی از الهام لازم برای آفرینش برخی از اعضای خانوادهٔ گلاس در رمان فرانی و زوییی (*Franny and Zooey*) نوشتهٔ ج. د. سالینجر از کارهای رادیویی‌اش سرچشمه گرفته است، پانزده سال بیشتراز عمرش نگذشته بود که

وارد دانشگاه شیکاگو شد. در بیست و دو سالگی درجهٔ دکترا گرفت، و در زمان مورد بحث ما، عضوی از آزمایشگاه پرآوازهٔ کَوِندیش در کیمبریج بود. در سال ۱۹۵۱ جوان بیست و سه ساله و دست و پا چلفتی با کله‌ای فوق‌العاده جالب و موی سیخ‌سیخ شده بود که در عکس‌هایش به نظر می‌رسید آهن‌ربایی پرقدرت می‌خواهد او را از قاب عکس خارج سازد و به سوی خود بکشد.

کریک که دوازده سال بزرگتر بود و هنوز درجهٔ دکترایش را نگرفته بود، کله‌ای کم‌موتر داشت و لباس‌های گران‌تر می‌پوشید. در شرحی که واتسن دربارهٔ وی نوشته است، چهره‌ای توفانی، فضول، اهل بگوبخند و جنجالی از او ترسیم کرده که تاب تحمل افراد دگراندیش را ندارد و همیشه در خطر دریافت دستور حرکت به نقطه‌ای دیگر قرار دارد. در زمینهٔ زیست‌شیمی نیز هیچ تحصیلات رسمی نداشت.

فرض این چهار نفر آن بود که اگر بتوانند شکل مولکول DNA را تعیین کنند در آن صورت پی خواهند برد ـ به درستی، همچنان که بعداً معلوم شد ـ وظایفی را که از آن سر می‌زند چگونه انجام می‌دهد. آن‌ها امیدوار بودند که ظاهراً با انجام دادن کاری هرچه کمتر جز اندیشیدن، آن هم نه بیش از آنچه مطلقاً ضرورت دارد، به هدف‌شان برسند. همچنان که واتسن با اشتیاق (هرچند اندکی مزورانه) در کتاب زندگینامهٔ خود نگاشته‌اش به‌نام مارپیچ دوگانه (*The Double Helix*) می‌گوید: «امیدوارم که مسالهٔ ژن را بتوانم بدون نیاز به فراگیری شیمی حل کنم.» این چهار نفر، عملاً مأموریتی برای تحقیق در زمینهٔ DNA نداشتند، و در یک نقطه هم دستور متوقف‌سازی کارها به ایشان داده شد. واتسن در ظاهر امر به فراگیری فن بلورنگاری اشتغال داشت؛ کریک هم وانمود می‌کرد که به تکمیل پایان‌نامهٔ خود در زمینهٔ پراش پرتو ایکس مولکول‌های درشت مشغول است.

با آنکه امتیاز گشودن معمای DNA در روایات عامیانه تقریباً یکسره به کریک و واتسن داده می‌شود، اما کشف ایشان اساساً به کارهای آزمایشگاهی و پژوهشی رقبایشان وابستگی داشت، که نتایج آن‌ها بر طبق گفتهٔ بجا و سنجیدهٔ لیزا جارداین مورخ، «تصادفاً» توسط ایشان دریافت می‌شد. ویلکینز و فرانکلین از استادان کینگز کالج لندن، در نخستین مراحل کارشان از این دو بسی جلوتر بودند.

ویلکینز که در زلند جدید متولد شده بود، شخصیتی گوشه‌گیر داشت و وجودش در هیچ‌جا احساس نمی‌شد. در سال ۱۹۹۸ در یک فیلم مستند تلویزیونی

که در مورد کشف ساختار DNA ـ دستاوردی که جایزه نوبل سال ۱۹۶۲ را نصیب او و کریک و واتسن کرد ـ تهیه شده بود کوچکترین اشاره‌ای به وی نشد.

مرموزترین شخصیت از میان این چهار نفر، فرانکلین بود. واتسن ضمن تشریح چهره‌ای شدیداً ناخوشایند از وی در کتاب مارپیچ دوگانه، او را به شکل زنی غیرمنطقی، تودار، مبتلا به بیماری مزمن عدم همکاری با دیگران، و ـ آزارنده‌تر از همه برای خودش ـ عمدتاً گریزان از روابط جنسی مجسم می‌سازد. واتسن اذعان می‌کند که «او غیرجذاب نبود و اگر فقط اندک علاقه و توجهی به طرز لباس پوشیدنش نشان می‌داد می‌توانست بسیار زیبا جلوه کند،» اما از این لحاظ همهٔ اطرافیانش را ناامید کرد. واتسن با تعجب می‌گوید: او حتی ماتیک به لب‌هایش نمی‌زد درحالی که از حس انتخاب لباسش «تمام خیال‌پردازی‌های نوجوانان روشنفکر مآب انگلیسی احساس می‌شد.»*

لیکن خانم فرانکلین بهترین تصویرهای موجود از ساختار احتمالی DNA را با استفاده از روش بلورنگاری اشعهٔ ایکس به‌دست آورده بود و در اختیار داشت. روش یادشده نیز توسط لاینس پولینگ تکمیل شده بود. از بلورنگاری به طرزی موفقیت‌آمیز در نقشه‌برداری از اتم در بلورها («بلورنگاری» از همین‌جا آغاز شد) استفاده شده بود، اما مولکول‌های DNA موضوعی بمراتب مشکل‌تر بودند. فقط فرانکلین بود که توانست به نتایجی مثبت از این فرآیند برسد اما آنچه خشم ویلکینز را برانگیخت این بود که فرانکلین حاضر نشد یافته‌هایش را در اختیار او نیز بگذارد.

اگر می‌بینم که فرانکلین تمایلی به دادن اطلاعات مربوط به یافته‌هایش به دیگران نداشت، بر روی هم نمی‌توان او را سرزنش کرد. با استادان زن در کینگز کالج لندن در دههٔ ۱۹۵۰ رفتاری چنان تحقیرآمیز و خشک می‌شد که با احساسات امروزی ما ـ یا با هر احساسات دیگری ـ کاری حیرت‌انگیز تلقی می‌شود. اینان به هر درجه‌ای از ارشدیت یا پختگی تجربی هم که می‌رسیدند باز

* در سال ۱۹۶۸ انتشارات دانشگاه هاروارد برنامهٔ انتشار کتاب مارپیچ دوگانه را به دنبال دریافت شکایت کریک و ویلکینز دربارهٔ شخصیت‌پردازی‌های به عمل آمده در آن متوقف ساخت. لیزا جارداین این شخصیت‌پردازی‌ها را با عبارت «بی‌جهت آزارنده» توصیف کرده است. عبارات نقل شده در این صفحه به زمانی مربوط می‌شوند که واتسن لحنی نسبتاً ملایم‌تر اتخاذ کرده بود.

حق ورود به اتاق مشترک استادان ارشد را نداشتند اما درعوض مجبور بودند ناهارشان را در اتاقی بخورند که مورد استفادهٔ بیشتر افراد بود و واتسن از آن با عبارت «در شأن قوطی کبریت» یاد کرده است .علاوه بر آن، فرانکلین دایماً تحت فشار قرار می‌گرفت ـ گاهی شدیداً اذیت می‌شد ـ تا نتایج کارش را باسه مردی درمیان بگذارد که درماندگی‌شان در نگاهی دزدانه انداختن به آن‌ها به ندرت ممکن بود به پای خصوصیات دوست‌داشتنی‌تری چون احترام به او برسد. کریک بعدها چنین گفت: «متأسفانه باید پذیرفت که ما همیشه دیدگاهی ضعیف نوازانه در قبال او داشتیم.» دوتا از این آقایان به دو مؤسسهٔ رقیب تعلق داشتند و نفر سوم نیز کم و بیش آشکارا از آن‌ها پشتیبانی می‌کرد. به همین علت، به سختی می‌توان در شگفت شد از اینکه فرانکلین تمام نتایج کارش را پشت درهای بسته نگه می‌داشت.

اینکه می‌بینیم ویلکینز و فرانکلین با یکدیگر کنار نمی‌آمدند، واقعیتی بود که واتسن و کریک از آن در جهت منافع خود بهره‌برداری کردند. با آنکه کریک و واتسن وقیحانه به قلمروی ویلکینز تجاوز می‌کردند، او نیز روز به روز بر جبهه‌گیری‌اش علیه آن‌ها می‌افزود ـ که چندان شگفت‌آور نبود زیرا فرانکلین نیز آرام آرام به سوی رفتاری مرموز کشیده می‌شد. با آنکه نتایج به دست آمده توسط خانم فرانکلین نشان می‌داد DNA قطعاً شکلی مارپیچی دارد، در مقابل دیگران همواره اصرار داشت که بگوید چنین نیست. آنچه مایهٔ نومیدی و نگرانی احتمالی ویلکینز شد این بود که خانم فرانکلین در تابستان ۱۹۵۲ یک اطلاعیهٔ دروغین در دپارتمان فیزیک کینگز کالج پخش کرد که در آن چنین گفته می‌شد: «با تأسف فراوان، بدین‌وسیله به آگاهی می‌رساند که مارپیچ DNA در روز جمعه ۱۸ ژوییهٔ ۱۹۵۲ درگذشت... امید است آقای م. ه ف. ویلکینز در بزرگداشت خاطرهٔ مرحوم مارپیچ یادشده سخنرانی کند.»

نتیجهٔ این کشاکش آشکار و نهان آن شد که ویلکینز تصویرهای تهیه شده توسط فرانکلین را در ماه ژانویهٔ ۱۹۵۳ و «ظاهراً بدون اطلاع یا موافقت خود او» به دیگران نشان داد. اگر این اقدام را یک کمک بزرگ به او بنامیم، مثل این خواهد بود که او را دست گرفته باشیم. سال‌ها بعد، واتسن اذعان کرد که این اقدام، «رویدادی کلیدی بود... که همهٔ ما را بسیج کرد.» واتسن و کریک که به شناخت شکل بنیادی مولکول DNA و برخی عناصر مهم مربوط به ابعاد آن مجهز شده

بودند، تلاش‌هایشان را دوچندان کردند. از آن پس چنین به نظر می‌رسید که اوضاع از هر جهت بر وفق مراد ایشان است. در این نقطه، پولینگ عازم شرکت در کنفرانسی بود که قرار بود در لندن تشکیل شود و در آن به احتمال قوی دیداری بین او و ویلکینز دست می‌داد و او از اطلاعات کافی برای تصحیح اشتباهاتی که او را در مسیری اشتباه برای انجام تحقیقاتش انداخته بود برخوردار می‌شد، اما آن سال‌ها در تاریخ آمریکا با دورهٔ سلطهٔ نظرات و سیاست‌های مک‌کارتی مصادف بود و به همین دلیل، پولینگ ناگهان در فرودگاه آیدلوایلد نیویورک بازداشت و گذرنامه‌اش ضبط شد، به این دلیل که چون خیلی آزادمنش است اجازهٔ سفر به خارج از آمریکا به او داده نمی‌شود. کریک و واتسن نیز ازاین جهت خوشبخت بودند که پسر پولینگ در آزمایشگاه کَوِندیش کار می‌کرد و از روی سادگی، آن‌ها را از تمام تحولات و مشکلات پیش آمده آگاه می‌ساخت.

واتسن و کریک که همچنان با خطر رودست خوردن در هر لحظه‌ای رو به رو بودند، تمام وجود خود را وقف حل مسأله کردند. معلوم شد که DNA چهار جزء شیمیایی ــ به نام‌های آدنین، گوانین، سیتوزین، و تیمین ــ دارد و این‌ها نیز به طرق خاصی به صورت جفت جفت در می‌آیند. واتسن و کریک ضمن بازی باقطعات مقوای بریده شده به شکل مولکول، توانستند از چگونگی در کنار هم قرار گرفتن آن قطعات سر درآورند. بر این اساس، یک مدل اسکلت مانند (Meccano-like model) ــ شاید معروف‌ترین مدل در علوم جدید ــ متشکل از صفحات فلزی جوش شده به صورت حلزونی ساختند و ویلکینز، شخصاً فرانکلین و دیگر ملت‌های جهان را به تماشای آن فراخواند. هر انسان آگاه با یک نگاه به این مدل متوجه می‌شد که آن‌ها مسأله را حل کرده‌اند. این مدل، بدون تردید یک کار درخشان کارآگاهی، با یا بدون نقشهٔ فرانکلین بود.

روز ۲۵ آوریل ۱۹۵۳ مقاله‌ای ۹۰۰ کلمه‌ای به قلم واتسن و کریک با عنوان «ساختاری برای اسید دزوکسی ریبوز نوکلئیک» در نشریهٔ نیچر انتشار یافت. در کنار آن مقاله، مقالاتی جداگانه به قلم ویلکینز و فرانکلین نیز انتشار یافته بود. آن روز از روزهای پرحادثه در جهان بود ــ چیزی نمانده بود که ادمند هیلاری به قلهٔ کوه اورست دست پیدا کند، و مراسم تاجگذاری ملکه الیزابت دوم به عنوان ملکهٔ انگلستان آغاز شده بود ــ و به همین دلیل، کشف راز حیات با استقبال

چندانی روبه‌رو نگردید. فقط در نشریهٔ خبرنامه نیوز کرونیکل اشاره‌ای مختصر به آن شد، در جاهای دیگر یکسره نادیده گرفته شد.

روزالیند فرانکلین هیچ سهمی از جایزهٔ نوبل دریافت نکرد. او در سال ۱۹۵۸، یعنی فقط چهار سال پیش از اعطای جایزه، در سی و هفت سالگی و براثر ابتلا به سرطان تخمدان چشم از جهان فروبست. پس از مرگ کسی به او جایزهٔ نوبل داده نمی‌شود. این سرطان، تقریباً بدون تردید، بر اثر قرارگرفتن در معرض اشعهٔ ایکس در جریان کار پدید آمده بود وگرنه چنین نمی‌شد. در زندگی‌نامه‌ای از وی که در سال ۲۰۰۲ منتشر شد و با ستایش بسیار مواجه گردید، برندا مدوکس یادآوری می‌کند که فرانکلین به ندرت از پیش‌بند سربی استفاده می‌کرد و غالباً بی‌مهابا در برابر اشعهٔ ایکس قرار می‌گرفت. به آزولد ایوری نیز هیچ‌گاه جایزهٔ نوبل داده نشد و نسل‌های بعد نیز عموماً او را از یاد بردند. اما از این لحاظ که عمری به قدر کافی طولانی داشت تا شاهد اثبات و درستی یافته‌هایش باشد، در خود احساس رضایت می‌کرد. او در سال ۱۹۵۵ درگذشت.

کشف واتسن و کریک عملاً تا دههٔ ۱۹۸۰ تأیید نشده بود. همچنان که کریک در یکی از کتاب‌هایش می‌گوید: «برای آنکه مدل DNAی ما از حالت فقط تا حدودی ملموس به حالت خیلی ملموس... و از آنجا به حالت مطمئناً صحیح در عمل برسد، بیست و پنج سال طول کشید.»

حتی در این حالت، پس از شناخته شدن ساختار DNA، پیشرفت در علم ژنتیک شتاب گرفت و در سال ۱۹۶۸، مجلهٔ ساینس توانست مقاله‌ای را منتشر کند «که همان زیست‌شناسی مولکولی عملاً موجود» به شمار می‌رفت و در آن پیشنهاد شده بود ـ به سختی می‌توان آن را ممکن دانست، ولی چنین است ـ که کار علم ژنتیک تقریباً به پایان رسیده است.

به بیان دقیق‌تر، البته این تازه آغاز کار بود. حتی امروز، نکات بسیاری در مورد DNA وجود دارد که به ندرت قابل درک است، به‌ویژه اینکه چرا بخش بزرگی از آن عملاً به نظر نمی‌رسد که کاری انجام دهد. نود و هفت درصد از DNAی شما از چیزی جز رشته‌های دراز بی‌معنی ـ «خرت و پرت» یا «DNAی

غیرکدی» به قول زیست شیمی‌دان‌ها ــ تشکیل نمی‌شود. فقط در برخی نقاط امتداد هر رشته، به بخش‌هایی بر می‌خورید که کارکردهای حیاتی را کنترل و سازمان‌دهی می‌کنند. این نقاط، همان ژن‌های اسرارآمیز هستند که مدت‌های طولانی غیرقابل تبیین به نظر می‌رسیدند.

ژن‌ها بیش (و کم) چیزی جز دستورالعمل‌هایی برای ساختن پروتئین‌ها نیستند. ژن‌ها این وظیفه را با وفاداری نسبتاً احمقانه‌ای انجام می‌دهند. از این لحاظ، ژن‌ها تا حدودی به کلیدهای پیانو شباهت دارند، هر یک نت خاصی را به صدا در می‌آورند و بس، که بدون تردید کاری آشکارا بی‌اهمیت و یکنواخت است. اما اگر ژن‌ها را با هم ترکیب کنید، همچنان که کلیدهای پیانو را ترکیب می‌کنید، می‌توانید آکوردها و ملودی‌هایی بی‌نهایت متنوع بیافرینید. اگر تمام این ژن‌ها را با هم ترکیب کنید، (در ادامهٔ استعارهٔ بالا) به سمفونی بزرگ حیات خواهید رسید که ژنوم انسان (human genome) نامیده می‌شود.

یک شیوهٔ رایج‌تر دیگر در بررسی ژنوم آن است که آن را نوعی کتاب حاوی دستورالعمل‌ها و راهنماهای لازم برای بدن درنظر بگیریم. اگر از این دیدگاه بنگریم کروموزوم‌ها را می‌توان فصل‌های کتاب و ژن‌ها را تک‌تک دستورالعمل‌های مربوط به ساخت پروتئین به شمار آورد. واژه‌های به کاررفته برای نوشتن این دستورالعمل‌ها رمز یا کلمهٔ رمز (codon) نامیده می‌شوند، و حروف نیز به عنوان بازها (bases) شناخته می‌شوند. بازها ــ حروف الفبای ژنتیک ــ از چهار نوکلئوتید مذکور در یکی دو صفحهٔ پیش: آدنین، تیمین، گوانین، و سیتوزین تشکیل می‌شوند. این مواد، علیرغم مهم بودن کاری که انجام می‌دهند از هیچ‌چیز دیگری ساخته نشده‌اند. مثلاً گوانین همان ماده‌ای است به وفور در گوانو یافت می‌شود و نام خود را نیز به آن می‌دهد.

همچنان که اغلب افراد می‌دانند، شکل مولکول DNA تا حدودی به یک پلکان حلزونی یا نردبانی طنابی و تابیده شباهت دارد: همان مارپیچ مضاعف. رشته‌های طولی این نردبان از نوعی قند به نام دزوکسی ریبوز ساخته شده‌اند و کل مارپیچ نیز یک اسید نوکلئیک است ــ و به همین دلیل «دزوکسی ریبونوکلئیک اسید» نامیده می‌شود. پله‌های نردبان از دو باز اتصال‌دهندهٔ فضای بین دو رشته تشکیل می‌شوند و فقط به دو طریق می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند: گوانین

همیشه با سیتوزین جفت می‌شود و تیمین همیشه با آدنین. ترتیب ظهور این حروف برحسب اینکه از نردبان رو به بالا برویم یا رو به پایین، کد DNA را تشکیل می‌دهد؛ ثبت و تهیهٔ گزارش آن از وظایف پروژهٔ ژنوم انسان بوده است.

اما درخشش ویژهٔ DNA به شیوهٔ تکثیر آن مربوط می‌شود. وقتی زمان تولید یک مولکول جدید DNA رسیده باشد، دو رشتهٔ آن دونیم می‌شوند، درست مانند بازشدن زیپ لباس، و هر نیمه به سوی تشکیل یک مشارکت جدید حرکت می‌کند. چون هر نوکلئوتید واقع بر طول یک رشته با یک نوکلئوتید خاص دیگر جفت می‌شود، هر رشته نقش یک الگو را برای آفرینش یک رشتهٔ مشابه جدید ایفا می‌کند. اگر شما دارای فقط یک رشته از DNAی خودتان باشید، به سادگی تمام می‌توانید طرف مقابل یا رشتهٔ مشابه آن را با پیداکردن مشارکت‌های ضروری بازسازی کنید: اگر بالاترین پلهٔ واقع بر یک رشته از گوانین ساخته شده باشد، درآن صورت متوجه می‌شوید که بالاترین پلهٔ واقع بر رشتهٔ مقابل یا رشتهٔ مشابه باید از سیتوزین باشد. اگر از تک‌تک پله‌های جفت‌های نوکلئوتید پایین بیایید سرانجام به کد لازم برای مولکول جدید خواهید رسید. این همان چیزی است که در طبیعت رخ می‌دهد، با این تفاوت که این کار در طبیعت بسیار سریع انجام می‌شود ــ درکمتر از چند ثانیه، که خود یک دستاورد بزرگ است.

DNAی ما در اغلب موارد با دقتی فرمانبردارانه تکثیر پیدا می‌کند، اما گاهی ــ تقریباً یکبار در میلیون ــ یک حرف وارد جایی اشتباهی می‌شود. این حالت را دگردیسی یا پلیمرفیسم تک نوکلئوتیدی یا SNP می‌نامند که نام خودمانی آن در نزد زیست شیمی‌دان‌ها اسنیپ (Snip بریده، برش) است. این «بریده‌ها» عموماً در بخش‌های غیرکدی DNA دفن می‌شوند و هیچ پیامد قابل شناسایی برای بدن ندارند. اما گاهی نیز باعث تغییر یا تغییراتی می‌شوند. ممکن است شخص را برای ابتلا به بیماری خاصی آماده کنند، ولی به همان اندازه ممکن است با مختصر امتیازی برای بدن همراه گردند ــ مثلاً تولید رنگیزه‌های حفاظتی بیشتر یا تولید سلول‌های قرمز بیشتر برای شخصی که در نقطه‌ای مرتفع زندگی می‌کند. با گذشت زمان، این تغییرات جزیی هم در افراد متمرکز می‌شوند هم در جمعیت‌ها، و موجب متمایزتر شدن هردو می‌گردند.

تعادل بین دقت و خطا در تکثیر، تعادلی بسیار ظریف است. اگر تعداد

خطاها خیلی زیاد باشد موجود زنده نمی‌تواند به وظایف خود عمل کند اما اگر خیلی اندک باشد، سازگاری‌پذیری خود را فدا می‌کند. تعادلی مشابه باید بین پایداری و نوآوری در هر موجود وجود داشته باشد. افزایش تعداد سلول‌های قرمز خون می‌تواند به تسهیل حرکت و تنفس فرد یا گروهی که در ارتفاعات بلند زندگی می‌کنند یاری رساند زیرا هرچه تعداد سلول قرمز بیشتر باشد مقدار اکسیژن بیشتری به وسیلهٔ آن‌ها حمل خواهد شد. اما وجود سلول قرمز اضافی نیز موجب غلیظ‌تر شدن خون می‌گردد. به گفتهٔ چارلز وایتس استاد مردم‌شناسی دانشگاه تمپل، هر قدر بر تعداد آن‌ها بیفزایید «مثل آن است که روغن پمپ کنید.» این، کار قلب را دشوار می‌سازد. بدین‌ترتیب کسانی که برای زندگی در ارتفاعات بلند طراحی شده‌اند از کارآیی بیشتری در تنفس برخوردار می‌شوند ولی بهای آن را با در اختیار داشتن قلبی با مخاطره‌پذیری بیشتر می‌پردازند. انتخاب طبیعی داروینیسم با در اختیار داشتن چنین ابزاری از ما مراقبت می‌کند. همچنین ما را در تبیین وجود این همه تشابه بین انسان‌ها یاری می‌کند. تکامل طبیعی، به سادگی اجازه نمی‌دهد که هریک از ما تفاوت‌های بسیار زیاد با دیگری پیدا کند ــ به هر حال چنین تغییری بدون تبدیل شدن به یک گونهٔ جدید تحقق نمی‌یابد.

تفاوت ۰/۱ درصدی بین ژن‌های من و شما معلول برش‌های (Snips) ما است. اگر DNAی خودتان را با DNAی نفر سومی مقایسه کنید نیز به یک تشابه ۹۹/۹ درصدی برمی‌خورید، اما برش‌ها غالباً در نقاط مختلفی واقع می‌شوند. اگر بر تعداد افراد قابل مقایسه بیفزایید به تعداد برش‌های باز هم بیشتر در نقاط باز هم بیشتر خواهید رسید. برای هریک از ۳/۲ میلیارد باز موجود در بدن شما، در نقطه‌ای از این کرهٔ خاکی شخص یا گروهی از اشخاص با کدبندی متفاوت در آن وضعیت وجود خواهند داشت. بنابراین اشاره به یک ژنوم خاص انسانی نه فقط خطا است بلکه ما به یک معنی فاقد یک ژنوم خاص انسانی هستیم. ما شش میلیارد ژنوم داریم. همهٔ ما ۹۹/۹ درصد به یکدیگر مشابه‌ایم، اما به گفتهٔ دیوید کاکس، «می‌توان گفت که همهٔ انسان‌ها در هیچ موردی وجه اشتراک ندارند، که این نیز سخنی صحیح است.»

اما باز مجبوریم توضیح دهیم که چرا مقدار چنین اندکی از DNA دارای ذره‌ای هدف قابل تشخیص است. موضوع اندک اندک نگران کننده می‌شود، اما واقعاً چنین

به نظر می‌رسد که هدف حیات، جاودانه ساختن DNA است. نود و هفت درصد DNAی ما که عموماً خرت و پرت نامیده می‌شود، عمدتاً از کپه‌های حروفی تشکیل شده است که به گفتهٔ ریدلی «صرفاً و فقط به این دلیل وجود دارند که خیلی خوب می‌توانند خودشان را تکثیر کنند.»* به عبارت دیگر، بخش بزرگی از DNAی شما نه به شما بلکه به خود DNA اختصاص دارد: شما در حکم دستگاهی برای تکثیر آن هستید، ولی او چنین نیست. حتماً به یاد دارید که گفتیم حیات فقط می‌خواهد وجود داشته باشد و DNA آن چیزی است که این قابلیت را به حیات می‌دهد.

حتی زمانی که DNA حاوی دستورالعمل‌هایی برای ساختن ژن‌ها باشد ــ به گفتهٔ دانشمندان، وقتی برای آن‌ها کدگذاری می‌کند ــ الزاماً با کارکرد ملایم موجود موردنظر ارتباط پیدا نمی‌کند. یکی از عادی‌ترین ژن‌هایی که ما در اختیار داریم، ژنی است برای پروتئینی به‌نام ترانسکریپتاز معکوس reverse transcriptase) یا رونویسی معکوس) که هیچ کارکرد شناخته شدهٔ مفیدی برای انسان‌ها ندارد. تنها کاری که این ژن انجام می‌دهد آن است که امکان رخنهٔ بی‌سروصدای رتروویروس‌هایی (retroviruses) مانند ویروس بیماری AIDS به درون بدن انسان را فراهم می‌آورد.

به عبارت دیگر، بدن ما انرژی بسیار زیادی صرف تولید پروتئینی می‌کند که هیچ کار مفیدی از آن سر نمی‌زند بلکه گاهی به متلاشی شدن ما می‌انجامد. بدن انسان راهی جز انجام دادن چنین کاری ندارد، زیرا ژن‌ها به او دستور می‌دهند که چنین کند. ما ابزار تحقق هوس‌های آن‌هاییم. برروی هم تقریباً نیمی از ژن‌های انسان ــ بزرگ‌ترین بخش یافت شده در هر موجود زنده تا این زمان ــ تا جایی که ما می‌دانیم، اصولاً کاری جز تکثیر خود انجام نمی‌دهند.

تمام موجودات زنده به یک معنی، بردهٔ ژن‌های خویش هستند. به همین

---

* DNAی خرت و پرت نیز برای خودش مصرفی دارد. این همان بخشی است که در انگشت‌نگاری به روش DNAمورد استفاده قرار می‌گیرد. عملی بودن آن به این منظور، تصادفاً توسط الک جفریز Alec (Jeffreys از دانشمندان دانشگاه لستر در انگلستان کشف شد. در سال ۱۹۸۶ جفریز دست‌اندرکار مطالعهٔ سکانس‌هایی برای نشانگرهای ژنتیکی در بیماری‌های قابل توارث بود که پلیس با او تماس گرفت و از او برای برقراری ارتباط بین یک فرد مظنون و دو قتل کمک خواست. او متوجه شد که روش کارش می‌تواند در گشودن بسیاری از مسایل جنایی مفید واقع شود ــ که عملاً نیز چنین شد. یک نانوای جوان با نام نامحتمل کالین پیچفورک به اتهام ارتکاب این دوقتل به دوبار زندان ابد محکوم شد.

دلیل است که ماهی آزاد و عنکبوت و دیگر موجودات زندهٔ کم و بیش برون از شمار، آمادهٔ مردن در جریان جفت‌گیری هستند. تمایل درونی به تولیدمثل یا پراکندن ژن‌های خود، قوی‌ترین انگیزه یا تمایل درونی موجود در طبیعت است. به گفتهٔ شروین ب. نالند: «امپراتوری‌ها سقوط می‌کنند، نهادها (id) منفجر می‌شوند، سمفونی‌های بزرگ نوشته می‌شوند، و در ورای این همه، یک انگیزهٔ واحد وجود دارد که آن نیز در جستجوی ارضا شدن است.» رابطهٔ جنسی از دیدگاه تکاملی، عملاً یک سازوکار پاداش دهنده برای ترغیب انسان به انتقال مادهٔ ژنتیکی خود است.

دانشمندان تازه از این واقعیت حیرت‌انگیز باخبر شده بودند که بخش بزرگی از DNAی ما هیچ کاری انجام نمی‌دهد که کشفیاتی به‌مراتب نامنتظره‌تر تدریجاً از راه رسیدند. نخست در آلمان و سپس در سوئیس، پژوهندگان به چند آزمایش نسبتاً عجیب و غریب دست زدند که به نتایجی باورنکردنی و نسبتاً عجیب و غریب انجامید. در یک مورد ژنی را برگزیدند که رشد چشم موش را کنترل می‌کرد، سپس آن را در لارو یک مگس میوه داخل کردند. تصور آن‌ها این بود که این کار ممکن است به تولید چیزی جالب و غیرعادی بیانجامد. به بیان دقیق‌تر، ژن چشم موش نه فقط موجب ایجاد یک چشم واقعی در مگس میوه شد بلکه یک چشم مخصوص مگس نیز تولید کرد. در اینجا دو موجود زنده تولید شده بودند که از ۵۰۰ میلیون سال پیش تاکنون هیچ نیای مشترکی نداشتند ولی توانستند مادهٔ ژنتیکی را طوری بایکدیگر عوض کنند که گویی با یکدیگر خواهرند.

پژوهندگان به هر جای دیگر هم که نگاه می‌کردند تکرار همین قصه را شاهد می‌شدند. آن‌ها متوجه شدند که می‌توانند DNAی انسان را در برخی از سلول‌های مگس‌ها داخل کنند و مگس‌ها نیز آن را طوری می‌پذیرند که گویی DNAی متعلق به خودشان است. معلوم شد که بیش از ۶۰ درصد ژن‌های انسان، اساساً تفاوتی با ژن‌های یافت شده در مگس‌های میوه ندارند. دست کم نود درصد آن‌ها در نقطه‌ای خاص با ژن‌های یافت شده در موش‌ها ارتباط پیدا می‌کنند. (ما حتی ژن لازم برای ساخته شدن دم نیز داریم، فقط کافی است بدین

منظور فعال شوند.) پژوهندگان در زمینه‌های گوناگون، یکی پس از دیگری متوجه شدند در مورد هر موجود زنده‌ای که به تحقیق می‌پردازند ـ اعم از کرم‌های نماتود یا موجودات انسانی ـ غالباً به مطالعهٔ ژن‌هایی اساساً مشابه می‌پردازند. معلوم شد که حیات از مجموعهٔ طرح‌های اولیهٔ واحدی سرچشمه گرفته است.

تحقیقات بعدی از وجود یک دسته ژن شاهد اصلی پرده برداشت و نشان داد که هر یک از آن‌ها عامل هدایت مسیر تکامل یک بخش از بدن هستند و با عنوان ژن‌های جور (homeotic یا hox) مشخص می‌شوند. ژن‌های جور به این پرسش دیرینه و گیج‌کننده پاسخ دادند که چگونه ممکن است میلیاردها سلول رویانی، جملگی از یک تخمک بارور شدهٔ واحد و دارای DNAی مشابه، بدانند باید به کجا بروند و چه کاری انجام دهند ـ بدین معنی که این سلول باید به یک سلول کبد تبدیل شود، این دیگری یک نورون کشسان شود، این یکی به یک حباب خون تبدیل شود، و این یکی بخشی از درخشش روی بال در پرواز شود. همین ژن‌های جور هستند که به سلول‌ها دستور می‌دهند، و آن‌ها این کار را برای تمام موجودات زنده تقریباً به یک شکل انجام می‌دهند.

نکتهٔ جالب توجه اینجاست که مقدار مادهٔ ژنتیکی و چگونگی سازمان‌دهی آن الزاماً یا حتی کلاً بازتابی از سطح پیچیدگی موجود زندهٔ حاوی آن نیست. ما چهل و شش کروموزوم داریم، اما برخی سرخس‌ها بیش از ششصد کروموزوم دارند. ماهیان شش‌دار، یکی از انواع کم تکامل یافته‌ترین جانوران پیچیده، چهل برابر انسان DNA دارند. حتی سوسمارچهٔ عادی (نیمه آبزی در مرحلهٔ لاروی) در مقایسه با انسان از لحاظ شکوه ژنتیکی، دارای ضریب پنج است.

تردیدی نیست که آنچه اهمیت دارد نه تعداد ژن‌های در اختیار انسان بلکه کاری است که انسان با ژن‌ها انجام می‌دهد. این بسیار خوب است زیرا تعداد ژن‌های انسان در سال‌های اخیر شدیداً مورد توجه قرار گرفته است. تا همین اواخر چنین تصور می‌شد که انسان‌ها دست‌کم ۱۰۰,۰۰۰ و احتمالاً خیلی بیش از آن ژن داشته باشند، اما رقم مذکور پس از به دست آمدن نخستین نتایج پروژهٔ ژنوم انسان، کاهش اساسی پیدا کرد و به چیزی در حدود ۳۵,۰۰۰ یا ۴۰,۰۰۰ ژن رسید ـ یعنی در حدود تعداد ژن‌های یافت شده در علف. این، هم مایهٔ شگفتی شد هم نومیدکننده بود.

شاید از یاد نبرده باشید که گفتیم پای ژن‌ها عموماً در هر تعداد از ضعف‌های انسانی به میان کشیده شده است. دانشمندان سرمست از بادهٔ پیروزی، در زمان‌های مختلف اعلام کرده‌اند که تعداد ژن‌های عامل چاقی، شیزوفرنی، هم جنس‌گرایی، جنایتکاری، خشونت، الکلیسم، حتی دزدی از مغازه‌ها و بی‌خانمانی را کشف کرده‌اند. شاید اوج (یا حضیض) این اعتقاد به جبرگرایی حیاتی (biodeteminism) نتیجهٔ مطالعاتی بوده باشد که در سال ۱۹۸۰ در مجلهٔ ساینس انتشار یافت و مدعی شد که زنان از لحاظ ژنتیکی در درس ریاضیات از مردان فروترند. به بیان دقیق‌تر، ما اکنون می‌دانیم که هیچ چیزی در وجود ما به این سادگی‌ها قابل تبیین نیست.

از یک جهت بسیار مهم، این آشکارا مایهٔ تأسف است زیرا اگر ما دارای ژن‌هایی مجزا و تعیین‌کنندهٔ قد یا آمادگی برای ابتلا به بیماری قند یا تاسی یا هر خصوصیت برجستهٔ دیگر می‌بودیم، در آن صورت منزوی ساختن آن‌ها و ایجاد تغییرات جزیی و مساعد در آن‌ها آسان ــ یا تا حدودی آسان ــ می‌شد. متأسفانه وجود ۳۵,۰۰۰ ژن با کارکرد مستقل به هیچ‌وجه برای تولید پیچیدگی فیزیکی از نوع لازم برای رضایت‌بخش ساختن وجود انسان کافی نیست. بدین ترتیب، روشن است که ژن‌ها باید با یکدیگر همکاری کنند. برخی اختلال‌ها ــ مانند هموفیلی، بیماری پارکینسون، بیماری هانتینگتن، و فیبروز کیستی ــ براثر ژن‌های تنها و کژکار ایجاد می‌شوند، اما ژن‌های مخرب قاعدتاً مدت‌ها پیش از آنکه بتوانند به طور دایم برای یک گونه یا جمعیت خاص دردسرآفرین شوند به وسیلهٔ انتخاب طبیعی دور ریخته می‌شوند. سرنوشت و راحتی ما ــ و حتیٰ رنگ چشم ما ــ در اغلب موارد، نه توسط تک‌تک ژن‌ها بلکه توسط مجموعه‌هایی از ژن‌هایی تعیین می‌شوند که فعالیت گروهی دارند. به همین دلیل است که پی بردن به چگونگی جور درآمدن آن‌ها با یکدیگر دشوار است و ما به این زودی‌ها دست‌اندرکار تولید کودکان سفارشی بر طبق طراحی‌های ویژه نخواهیم شد.

به عبارت دقیق‌تر، در سال‌های اخیر هرچه بر دامنهٔ دانسته‌های ما افزوده شده است، موضوعات نیز عموماً به همان اندازه بغرنج‌تر شده‌اند. معلوم شده است که حتی تفکر بر طریقهٔ فعالیت ژن‌ها اثر می‌گذارد. مثلاً اینکه ریش فلان مرد با چه سرعتی می‌روید، تا حدودی تابع فکر کردن او به مسایل جنسی است

(زیرا فکر کردن دربارهٔ روابط جنسی موجب تولید انبوهی از تستسترون می‌شود). در اوایل دههٔ ۱۹۹۰ دانشمندان به کشفی به‌مراتب ژرف‌تر نایل آمدند و متوجه شدند که می‌توانند ژن‌های ظاهراً حیاتی را از موش‌های جنینی حذف کنند، و موش‌ها نیز نه فقط غالباً سالم به دنیا می‌آمدند بلکه گاهی در مقایسه با برادران و خواهران دست نخورده‌شان، برای زندگی مناسب‌تر بودند. معلوم شد که هرگاه برخی از ژن‌های مهم نابود شوند ژن‌های دیگر وارد میدان می‌شوند تا شکاف ایجادشده را پر کنند. این برای ما به عنوان موجوداتی زنده در قالب انسان، خبری خوش بود اما برای شناخت چگونگی فعالیت سلول‌ها زیاد خوش نبود زیرا یک لایه پیچیدگی اضافی بر چیزی افزود که ما هنوز از نخستین مراحل شناختنش فراتر نرفته بودیم.

شکافتن ژنوم انسان، عمدتاً براثر همین عوامل پیچیده‌تر کننده بود که ناگهان فقط به عنوان نخستین گام تلقی شد. همچنان که اریک لندر استاد انستیتوی فناوری ماساچوست گفته است، ژنوم انسان به یک فهرست قطعات لازم برای بدن انسان شباهت دارد: به ما می‌گوید که ما از چه مواردی ساخته شده‌ایم اما دربارهٔ اینکه چگونه فعالیت می‌کنیم چیزی نمی‌گوید. اکنون آنچه نیاز داریم، کتابچهٔ راهنمای عمل ـ دستورالعمل‌های لازم برای به حرکت درآوردن آن ـ است. ما هنوز به آن نقطه نزدیک نشده‌ایم.

بدین ترتیب تلاش کنونی ما بر محور شکافتن پروتئوم (*proteome*) انسان ـ مفهومی بس نوآورانه که می‌توان گفت اصطلاح پروتئوم در دههٔ گذشته حتی وجود نداشت ـ استوار است. پروتئوم به کتابخانه‌ای از اطلاعات پدیدآورندهٔ پروتئین‌ها گفته می‌شود. نشریهٔ ساینتیفیک آمریکن در سال ۲۰۰۲ اعلام کرد که «پروتئوم از ژنوم انسان بسی پیچیده‌تر است.»

این خلاصهٔ کلام بود. حتماً به یاد دارید که گفتیم پروتئین‌ها نقش جانوران بارکش را برای تمام سیستم‌های زنده ایفا می‌کنند؛ در هرلحظه ممکن است نزدیک به صدمیلیون پروتئین در داخل هر سلول دست‌اندرکار و فعال باشند. تلاش برای پی بردن به این فعالیت، به زحمات بسیار نیاز دارد. بدتر از آن اینکه

رفتار و کارکرد پروتئین‌ها نه صرفاً بر شالودهٔ ترکیب شیمیایی آن‌ها (همچنان که در مورد ژن‌ها دیدیم)، بلکه بر شالودهٔ شکل آن‌ها استوار است. هر پروتئین برای آنکه کارکرد خود را به انجام برساند نه فقط باید دارای اجزای شیمیایی ضروری باشد و درست برهم سوار شود بلکه باید به شکلی فوق‌العاده ویژه نیز چین‌خوردگی پیدا کند. «چین‌خوردگی» اصطلاحی است که در این مورد به کار برده می‌شود، اما چون بر یک نظم هندسی دلالت دارد که عملاً مصداق پیدا نمی‌کند، اصطلاحی گمراه‌کننده است. پروتئین‌ها حلقه و کلاف‌وار و چروکیده می‌شوند و به شکل‌هایی درمی‌آیند که در آن واحد غیرواقعی و پیچیده‌اند. بیشتر به چوب‌لباسی‌هایی شباهت دارند که با عصبانیت لت و پار شده باشند نه حوله‌هایی که مرتب تا شده باشند.

گذشته از این، پروتئین‌ها (اگر اجازه داشته باشم که از یک اصطلاح مهجور استفاده کنم) الواط عالم زیست‌شناسی به شمار می‌روند. آن‌ها بر حسب حالت و وضعیت سوخت و سازشان، ممکن است فسفریل‌دار، گلیکوزیل‌دار، استیل‌دار، فراگیردار، فارنسیل‌دار، و سولفات‌دار شوند و در میان انبوه بی‌شماری از مهارها با مهارهای گلیکوفسفاتیدیلینوسیتول اتصال پیدا کنند. ظاهراً در اغلب موارد به زمان چندانی برای به حرکت درآوردن آن‌ها نیاز نیست. همچنان که در نشریهٔ ساینتیفیک آمریکن گفته می‌شود، کافی است یک لیوان شراب بنوشید تا تغییری اساسی در تعداد و انواع پروتئین‌های موجود در سیستم بدن‌تان ایجاد کنید. این از خصوصیات دلنشین برای باده‌گساران است اما برای ژنتیک‌دان‌ها که می‌کوشند از آنچه جریان دارد سردرآورند تقریباً به آن اندازه مفید نیست.

کل ماجرا می‌تواند به طور ناممکنی پیچیده به نظر برسد، و از برخی جهات نیز به طرز غیرممکنی پیچیده است. اما در کل این فرآیند، نوعی سادگی بنیادی نیز وجود دارد که از وحدتی بنیادی و به همان اندازه اساسی در شیوهٔ عملکرد حیات سرچشمه می‌گیرد. تمام فرآیندهای شیمیایی کوچک و ماهری که در سلول‌ها جان می‌دمند ـ تلاش‌های دستجمعی نوکلئوتیدها، نسخه‌برداری و انتقال اطلاعات ژنتیکی از DNA به RNA ـ فقط یکبار به ظهور رسیدند و از آن زمان تاکنون در سراسر طبیعت به صورت کاملاً ثابت ماندگار شده‌اند. به گفتهٔ مرحوم ژاک مونو ژنتیک‌دان فرانسوی، با لحنی نیمه شوخی: «هرآنچه درمورد

باکتری‌های رودهٔ متعلق به گونه‌های جنس *Escherichia* (یا E. coli) مصداق داشته باشد در مورد فیل‌ها نیز صادق است، منتها اندکی بیشتر.»

هر موجود زنده، شکل تکامل یافتهٔ یک طرح واحد اولیه است. ما در مقام موجوداتی انسانی، چیزی جز افزایش‌های تدریجی نیستیم ـ هریک بایگانی کپک گرفته‌ای از انواع تعدیل‌ها، سازگاری‌ها، اطلاعات جزیی، و دست‌کاری‌های خدایی هستیم، که از ۳/۸ میلیارد سال پیش تاکنون ادامه داشته است. نکتهٔ قابل توجه آن است که حتی ارتباطی بسیار تنگاتنگ بین ما با میوه‌ها و سبزی‌ها وجود دارد. نزدیک به نیمی از فعل و انفعالات شیمیایی درون میوهٔ موز، اساساً همان فعل و انفعالاتی هستند که در درون ما انسان‌ها رخ می‌دهند.

چنین چیزی را در بسیاری از موارد نمی‌توان به زبان آورد: کل حیات، چیزی جز وحدت نیست. این، ژرف‌ترین بیان حقیقی موجود تا این زمان است و به گمان من از این زمان تا ابد نیز چنین خواهد بود.

# بخش ۶ بزرگراهی به سوی انسان

از نوادگان بوزینه‌هاییم! عزیزم، بیا امیدوار باشیم که این سخن حقیقت ندارد، اما اگر حقیقت داشته باشد بیا دعا کنیم تا مبادا همگان از آن باخبر شوند.

ـ اظهارنظر منسوب به همسر اسقف وورستر پس از شنیدن توضیحات مربوط به نظریهٔ تکامل داروین.

# ۲۷ عصر یخ

رویایی به سر داشتیم، که آنچنان هم
رؤیا نبود.
خورشید درخشنده خاموش گشت
و ستارگان پراکنده شدند...
ـ بایرون، از شعر «تاریکی»

در سال ۱۸۱۵ در جزیرهٔ سومباوا از کشور اندونزی، در کوهی زیبا و خفته در گذر اعصار و قرون، انفجاری تماشایی روی داد و صد هزار نفر را بر اثر انفجار و سونامی‌های حاصل از آن به کام نیستی فرستاد. این بزرگترین انفجار آتشفشانی درطی ده هزار سال گذشته بود ـ ده برابر انفجار کوه سنت هلنز و معادل شصت‌هزار بمب اتمی به اندازهٔ بمب‌هایی که در جنگ دوم جهانی روی شهر هیروشیما انداخته شدند.

آن روزها اخبار اینگونه حوادث چندان سریع به گوش جهانیان نمی‌رسید. در لندن، نشریهٔ تایمز، هفت ماه پس از واقعه داستانی کوتاه در آن مورد چاپ کرد که در اصل نامه‌ای از یک بازرگان بود. اما در این هنگام، اثرات انفجار کوه تامبورا تدریجاً در جاهای دیگر احساس می‌شد. چیزی در حدود ۳۶ مایل مکعب خاکستر، گرد و خاک سنگریزهٔ همراه با دود، هوا را پوشانده بود و نمی‌گذاشت نور خورشید به سطح زمین برسد، و نتیجتاً کرهٔ زمین را خیلی سرد کرده بود. غروب‌ها به طرزی غیرعادی اما با چشمانی سرخ، رنگارنگ شده بودند به طوری که ج. م. و. ترنر نقاش، جلوه‌های آن را در نهایت وجد و شادی مجسم

می‌ساخت، اما بخش بزرگی از جهان به زیر پرده‌ای تاریک و توان‌فرسا رفت. همین تاریکی مرگبار بود که الهامبخش بایرون در سرودن چکامهٔ بالا شد.

بهار هیچ‌گاه از راه نرسید و پاییز هیچ‌گاه گرمایی پیدا نکرد: سال ۱۸۱۶ به سال بی تابستان معروف شد. رشد محصولات کشاورزی در همه جا متوقف شد. در ایرلند، یک قحطی و به دنبال آن بیماری همه‌گیر تیفوئید موجب مرگ شصت و پنج هزار نفر شد. مردم نیو انگلند، آن سال را به زبان انگلیسی Eighteen Hundred and Froze to Death (هزاروهشتصد و یخ بزن بمیر) نامیدند. یخبندان بامدادی تا اواخر خردادماه ادامه یافت و هیچ بذری نرویید و جوانه نزد. دام‌ها که بی‌علوفه مانده بودند یا می‌مردند یا می‌بایست زودتر از موعد به کشتارگاه فرستاده می‌شدند. سال ۱۸۱۶ از هر جهت یک سال هولناک بود. با این حال، از دمای کرهٔ زمین فقط به اندازهٔ ۱/۵ درجهٔ فارنهایت کاسته شد. همچنان که دانشمندان بعدها دریافتند، ترموستات طبیعی کرهٔ زمین، ابزاری بی‌نهایت ظریف است.

خود سدهٔ نوزدهم، روزگاری سرد بود. اروپا و به ویژه آمریکای شمالی از دویست سال پیش، وارد یک عصر یخ کوچک شده بودند که با انواع رویدادهای زمستانی ــ منظره‌های یخبندان رود تیمز در لندن، برگزاری مسابقهٔ اسکیت روی یخ در امتداد کانال‌های هلند ــ همراه گردید ولی در روزگار ما اثری از آن‌ها نیست. به عبارت دیگر، جهان در دوره‌ای به سر می‌برد که سردی، بیش از همه به اذهان مردم نفوذ کرده بود. بنابراین می‌توان زمین‌شناسان سدهٔ نوزدهم را از لحاظ کند بودنشان در پی بردن به لطیف‌تر شدن هوای جهان در مقایسه با دوره‌های پیشین بی‌تقصیر دانست. علاوه براین، بخش بزرگی از خشکی‌های پیرامون ایشان براثر یخچال‌های شکننده و سرمایی شکل گرفته بود که می‌توانست حتی یک نمایشگاه یخی را درهم بشکند.

آن‌ها می‌دانستند که چیزی عجیب و غریب در سده‌های گذشته وجود داشته است. در سراسر چشم‌انداز طبیعی اروپا انواع نابهنجاری‌های غیرقابل توجیه جلب توجه می‌کرد ــ استخوان‌های گوزن شمالی در گرمای جنوب فرانسه، تخته سنگ‌های عظیم پراکنده در نقاط نامحتمل ــ و در اغلب موارد نیز توضیحاتی من درآوردی ولی بی‌نهایت ملموس برای‌شان تراشیده می‌شد. یک طبیعت‌شناس فرانسوی به نام دو لوک در تلاش برای تبیین چگونگی قرار گرفتن

گرداله سنگ‌های گرانیتی برروی یال‌های سنگ آهکی کوه‌های ژورا اعلام داشت که احتمال می‌رود این سنگ‌ها به وسیلهٔ هوای فشردهٔ داخل غارها، مانند چوب‌پنبه‌های شلیک شده از تفنگ چوب‌پنبه‌ای شلیک شده و در آن نقاط افتاده باشند. اصطلاح به کاررفته برای گرداله سنگ جابجا شده در زبان انگلیسی، *erratic* (سنگ‌های سرگردان) است، اما در سدهٔ نوزدهم به نظر می‌رسد که این اصطلاح بیشتر برای نظریه‌ها مناسب باشد تا برای سنگ‌ها.

آرثر هلم زمین‌شناس بزرگ بریتانیایی گفته است که اگر جیمز هاتن پدر علم زمین‌شناسی از سوییس بازدید کرده بود بلافاصله وهمانجا با معنی دره‌های آبکند، شیارهای صیقلی شده، خطوط نمایان ساحل‌ها که سنگ‌ها در امتداد آن‌ها ریخته شده بودند، و دیگر سرنخ‌های فراوانی که از عبور لایه‌های یخ حکایت دارند آشنا می‌شد. متأسفانه هاتن اهل سفر نبود. اما چون چیزی بهتر از گزارش‌های دست دوم در اختیار نداشت، بی‌هیچ دلیلی به مخالفت با این نظریه برخاست که می‌گفت گرداله سنگ‌های عظیم به وسیلهٔ سیلاب‌ها تا ارتفاع سه هزار فوتی کمرکش کوه‌ها حمل شده‌اند ــ او معتقد بود اگر تمام آب‌های جهان را هم به کار بگیریم نمی‌توانیم یک گرداله سنگ را به صورت شناور درآوریم ــ و بدین ترتیب در ردیف یکی از نخستین معتقدان به فراوانی یخچال‌ها قرار گرفت. متأسفانه توجه چندانی به اندیشه‌های او نشد و اغلب طبیعت‌شناسان تا پنجاه سال بعد همچنان اصرار ورزیدند که لایهٔ نازک متشکل از مواد نرم روی تخته‌سنگ‌ها را می‌توان به عبور گاری‌ها یا حتی خراشیدگی حاصل از میخ‌های سرپهن پوتین‌ها نسبت داد.

اما دهقانان منطقه که هنوز به راست‌اندیشی علمی آلوده نشده بودند، موضوع را بهتر می‌دانستند. ژان دو شارپانتیه طبیعت‌شناس شرح می‌دهد که چگونه وقتی در سال ۱۸۳۴ همراه یک چوب‌بر سویسی و قدم‌زنان از خیابان روستایی می‌گذشتند ناگهان مسیر صحبت‌شان را به موضوع سنگ‌های دو سوی خیابان تغییر دادند. چوب‌بر با خون سردی اظهار داشت که گرداله سنگ‌ها از منطقهٔ گرانیت‌خیز گریمزل در نزدیکی‌های همان روستا به اینجا آورده شده‌اند. «وقتی از او پرسیدم به نظرش این سنگ‌ها چگونه به محل کنونی خود رسیده‌اند، بدون هیچ درنگی پاسخ داد: یخچال گریمزل باعث حمل آن‌ها در هر دوسوی دره

شده است، زیرا دامنهٔ یخچال مزبور در روزگار گذشته تا شهر برن می‌رسیده است.»

شارپانتیه گل از گل‌اش شکفت. خود او نیز به چنین نظری رسیده بود ولی وقتی موضوع را در همایش‌های ملی مطرح می‌کرد مورد توجه کسی واقع نمی‌شد. لوئی آگاسی طبیعت‌شناس فرانسوی، از دوستان نزدیک شارپانتیه بود که پس از اندکی شک و تردید مقدماتی، این نظریه را پذیرفت و سرانجام به ستایش از آن برخاست.

آگاسی مطالعاتش را در پاریس زیر نظر کوویه انجام داده و به مقام استادی تاریخ طبیعی در کالج نوشاتل در سویس رسیده بود. یکی دیگر از دوستان آگاسی، گیاه‌شناسی بود به نام کارل شیمپر که اصطلاح عصر یخ را نخستین بار در سال ۱۸۳۷ ابداع کرد و به کاربرد (در نشریهٔ *Eiszeit*) و گفت دلایل کافی در دست است که نشان می‌دهد عصر یخ یک‌بار نه فقط سراسر کوه‌های آلپ بلکه بخش بزرگی از اروپا، آسیا، و آمریکای شمالی را نیز فراگرفته بوده است. این یک نظریهٔ افراطی بود که در آن زمان بیان می‌شد. او یادداشت‌هایش را در اختیار آگاسی گذاشت ــ اما بعدها خیلی از این بابت اظهار تأسف کرد زیرا آگاسی هرآنچه راکه شیمپر احساس کرده بود، تدریجاً به عنوان نظریهٔ خودش معرفی می‌کرد. بین شارپانتیه و دوست دیرینه‌اش (آگاسی) خصومتی تلخ برقرار شد. آلکساندر فون هومبولت، یکی دیگر از دوستان آگاسی نیز وقتی اعلام کرد که هر کشف علمی از سه مرحله می‌گذرد به احتمال قوی و تا حدودی، آگاسی را در نظر داشته است: نخست، مردم منکر حقیقت داشتن آن می‌شوند؛ دوم، منکر اهمیت داشتن آن می‌شوند؛ و بالاخره آن را به شخصی نسبت می‌دهند که کاشفش نبوده است.

برروی هم، آگاسی این عرصه را به قلمرو اختصاصی خویش تبدیل کرد. در تلاش برای شناخت اصول حرکت یخچال‌ها، به همه جا سفر کرد ــ به ژرفای شکاف‌های خطرناک و به قلهٔ ناهموارترین کوه‌های آلپ، آن هم غالباً بی‌خبر از اینکه او و گروه همکارانش نخستین انسان‌هایی بودند که از آن‌ها صعود می‌کردند. آگاسی تقریباً در همه جا با نوعی بی‌میلی سرسختانه برای پذیرش نظریه‌هایش مواجه می‌شد. هومبولت او را تشویق می‌کرد که به زمینهٔ تخصصی و واقعی خودش یعنی ماهیان فسیلی بازگردد و از این شیفتگی دیوانه‌وار به یخ و یخبندان دست بردارد، اما آگاسی انسانی بود که وجودش را یک اندیشهٔ نو تسخیر کرده بود.

حتی در بریتانیا که اغلب طبیعت‌شناسانش هیچ‌گاه یخچالی را از نزدیک مشاهده نکرده بودند و نمی‌توانستند نیروهای خردکننده‌ای را که یخ حجیم و گسترده وارد می‌آورد درک کنند، نظریهٔ آگاسی پشتیبان کمتری پیدا کرد. رادریک مرچیسن با لحنی تمسخرآمیز در جلسهٔ علمی، ظاهراً ضمن مجسم ساختن سنگ‌ها در لفافی از یک نوع شبنم یخ‌زدهٔ سبک و براق پرسید: «آیا خراشیدگی‌ها و صیقلی بودن سطح سنگ‌ها می‌تواند فقط نتیجهٔ عمل یخ باشد؟» او تا آخرین لحظهٔ عمرش ناباوری به آن تعداد از زمین‌شناسان «دیوانهٔ یخ» را که می‌گفتند یخچال‌ها می‌توانند علت این همه تغییر و تحول باشند به زبان می‌آورد. ویلیام هاپکینز از استادان کیمبریج و عضو برجستهٔ انجمن زمین‌شناسی بریتانیا این نظر را تأیید و استدلال کرد که نظریهٔ مربوط به احتمال حمل گرداله سنگ‌ها توسط یخ‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر، «چنان از لحاظ مکانیکی پرت و پلا به نظر می‌رسد» که انجمن وقت خود را صرف بررسی آن نخواهد کرد.

آگاسی که انسانی جسور بود، برای شناساندن نظریه‌اش به سفرهایی خستگی‌ناپذیر پرداخت. در سال ۱۸۴۰ در انجمن بریتانیایی پیشبرد علوم در شهر گلاسکو حاضر شد و مقاله‌ای را که آماده کرده بود قرائت کرد. چارلز لایل بزرگ وی را شدیداً به باد انتقاد گرفت. سال بعد، انجمن زمین‌شناسی ادینبره مصوبه‌ای را امضا کرد که در آن گفته شده بود این نظریه ممکن است دارای برخی ارزش‌ها باشد ولی هیچ یک از نکات آن بدون تردید در اسکاتلند مصداق پیدا نمی‌کند.

لایل سرانجام تغییر رأی داد. لحظهٔ اعلام عید تجلی او زمانی فرا رسید که متوجه شد وجود یک یخ‌رفت یا خط سنگ در نزدیکی املاک خانوادگی‌اش در اسکاتلند که خودش صدها بار از آن گذشته بود فقط در صورتی قابل درک می‌شود که بپذیریم به وسیلهٔ یخچال به آن نقطه انتقال یافته است. اما لایل به محض آنکه به عقیدهٔ جدید گروید، نومید شد و تصمیم گرفت که از تلاش برای جلب پشتیبانی همگانی از اندیشهٔ عصر یخ دست بردارد. آگاسی در وضعیتی دلسردکننده گیر افتاده بود. ازدواجش به ناکامی انجامید، شیمپر دایماً او را به دزدیدن اندیشه‌هایش متهم می‌کرد، شارپانتیه با او قهر کرده بود، و بزرگترین زمین‌شناس زمانه نیز فقط با لحنی نه چندان جدی و تردیدآمیز از او حمایت می‌کرد.

آگاسی در سال ۱۸۴۶ به آمریکا سفر کرد تا در چند دانشگاه و انجمن

سخنرانی کند، و در آنجا بود که سرانجام به ارزش و احترامی که سزاوارش بود دست یافت. دانشگاه هاروارد او را به استادی پذیرفت و موزه‌ای درجه یک به‌نام موزهٔ جانورشناسی تطبیقی به افتخار او ساخت. تردیدی نیست مستقر شدنش در نیو انگلند یا جایی که وجود زمستان‌های طولانی به ایجاد نوعی همدلی با اندیشهٔ دوره‌های طولانی سرما کمک می‌کند در این راه مفید واقع شد. و اینکه شش سال پس از ورودش به آمریکا نخستین هیأت علمی اعزامی به گرینلند گزارش داد که تقریباً کل آن شبه قاره در زیر لایه‌ای از یخ مشابه لایهٔ یخ باستانی پیش‌بینی شده در نظریهٔ آگاسی قرار گرفته است، در این راه مفید واقع شد. سرانجام، چند پشتیبان واقعی برای اندیشه‌هایش پیدا شدند. یک نقص اساسی نظریهٔ آگاسی این بود که هیچ علتی برای عصرهای یخ در آن پیش‌بینی نشده بود. اما چیزی به از راه رسیدن کمک از جایی که احتمالش نمی‌رفت نمانده بود.

در دههٔ ۱۸۶۰ مجلات و دیگر انتشارات علمی بریتانیا تدریجاً مقالات و گزارش‌هایی دربارهٔ هیدروستاتیک، الکتریسیته، و دیگر موضوعات علمی از جیمز کرول انتشار دادند. یکی از این مقالات که به موضوع چگونگی تسریع آغاز عصرهای یخ براثر تغییرات در مدار کرهٔ زمین مربوط می‌شد در سال ۱۸۶۴ در مجلهٔ فلسفی انتشار یافت و بلافاصله به عنوان اثری درجه اول شناخته شد. بدین ترتیب، وقتی معلوم شد که این آقای کرول نه استاد دانشگاه بلکه دربان دانشگاه است، همگان دچار حیرت شدند و شاید هم تا حدودی دستپاچه شدند.

کرول که در سال ۱۸۲۱ متولد شده بود زندگی فقیرانه‌ای داشت و تحصیلات رسمی را فقط تا ۱۳ سالگی توانست ادامه دهد. پیش از استخدام به عنوان دربان دانشگاه اندرسن (دانشگاه استرتکلاید امروزی) در گلاسکو، به انواع شغل‌ها پرداخت: درودگری، بازاریاب بیمه، نگهبان هتل مخصوص ترک‌کنندگان مشروبات الکلی. او با ترغیب برادرش به انجام بخش بزرگی از کارهایش توانست ساعات بی سر و صدای غروب را در کتابخانهٔ دانشگاه به مطالعه و خودآموزی در رشته‌های فیزیک، مکانیک، نجوم، هیدروستاتیک، و دیگر علوم رایج زمانه بگذراند. آنگاه تدریجاً به نوشتن مقالات متعدد با تأکید خاص بر حرکات کرهٔ زمین و تأثیر آن‌ها بر آب و هوا پرداخت.

کرول نخستین کسی بود که گفت تغییرات دوره‌ای در شکل مدار کرهٔ زمین

از بیضی (یعنی اندکی بیضی شکل) به تقریباً دایره‌وار و سپس بیضی شکل، می‌تواند آغاز و پس‌نشینی عصرهای یخ را توجیه کند. تا آن زمان هیچ کسی به فکر بررسی یک دلیل نجومی برای تغییرات در آب و هوای کرهٔ زمین نیفتاده بود. تقریباً به واسطهٔ طرح نظریهٔ تماماً متقاعدکنندهٔ کرول بود که مردم و اندیشمندان بریتانیا تدریجاً به این فکر که بخش‌هایی از کرهٔ زمین در روزگاران گذشته در زیر لایه‌ای از یخ گرفتار بوده است از خود واکنش نشان دادند. کرول، وقتی نوآورانه بودن و قابلیت اندیشه‌هایش به رسمیت شناخته شد در سازمان زمین‌شناسی اسکاتلند استخدام شد و افتخارات فراوان به دست آورد: از انجمن پادشاهی در لندن و آکادمی علوم نیویورک به او بورس تحصیلی داده شد و دانشگاه سنت اندروز (مانند بسیاری دانشگاه‌های دیگر) به او درجهٔ افتخاری اعطا کرد.

متأسفانه درست در زمانی که نظریهٔ آگاسی تدریجاً در اروپا برای خودش پشتیبانانی پیدا می‌کرد، او دست‌اندرکار انتقال آن به سرزمین دورافتاده‌ای چون آمریکا بود. او به هرجا که نگاه می‌کرد عملاً مدارکی دال بر وجود یخچال‌ها، از جمله در نزدیکی خط استوا، به دست می‌آورد. سرانجام، آگاسی متقاعد شد که کرهٔ زمین یکبار تماماً به زیر یخ رفته و تمام آثار حیات در آن منقرض شده است، اما خداوند آن را از نو آفرید. هیچ یک از مدارکی که آگاسی نقل می‌کرد چنین دیدگاهی را اثبات نمی‌کرد. با این حال، جایگاه علمی او در کشور جدید روز به روز بالاتر رفت به طوری که مقامش اندکی از مقام خدایان پایین‌تر تلقی می‌شد. وقتی آگاسی در سال ۱۸۷۳ چشم از جهان فروبست، دانشگاه هاروارد لازم دانست سه استاد را برای پرکردن جای خالی او استخدام کند.

با این حال، همچنان که گاهگاهی پیش می‌آید، نظریه‌های آگاسی خیلی زود از رواج افتادند. به فاصلهٔ کمتر از ده سال پس از مرگ آگاسی، جانشین او در کرسی زمین‌شناسی دانشگاه هاروارد چنین نوشت: «دوران معروف به عصریخ را... که تا چندسال پیش در جمع یخچال‌شناسان جهان به شهرت رسیده بود اکنون می‌توان بدون هیچ درنگی رد کرد.»

بخشی از مسأله از آنجا ناشی می‌شد که بر طبق محاسبات کرول آخرین عصر یخ هشتاد هزار سال پیش رخ داده بود، درحالی که مدارک زمین‌شناختی، روز به روز بر این نکته بیشتر تأکید می‌کرد که کرهٔ زمین در دوره‌ای به‌مراتب نزدیک‌تر از آن به زمان ما دستخوش تغییر و آشفتگی شده بود. کل این نظریه بی‌آنکه تبیین ملموسی برای علت آغاز عصر یخ مطرح سازد به فراموشی سپرده شد. در صورتی که یک دانشمند صرب به نام میلوتین میلانکوویچ بدون کوچکترین سابقهٔ تحقیق در حرکات اجرام آسمانی به طرزی غیرمنتظره در دههٔ ۱۹۰۰ اگر به این موضوع ابراز علاقه نکرده بود، احتمال می‌رفت از بوتهٔ فراموشی خارج نشود. میلانکوویچ دریافت که مشکل نظریهٔ کرول نه نادرست بودن آن بلکه بیش از اندازه ساده بودن آن است.

کره زمین در ضمن حرکت در فضا نه فقط تحت تأثیر تغییرات در طول و شکل مدار خود قرار می‌گیرد بلکه جابه‌جایی‌های منظم در زاویهٔ جهت آن با خورشید ــ کج شدن، بالا و پایین رفتن، چپ و راست رفتن ــ نیز در آن مؤثر واقع می‌شوند و جملگی در طول و شدت نوری که از خورشید بر هر تکه‌ای از زمین می‌تابد اثر می‌گذارند. به ویژه آنکه کرهٔ زمین تحت تأثیر سه تغییر وضعیت قرار می‌گیرد که رسماً با اصطلاحات حرکت اریبی، حرکت تقدیمی، و خروج از مرکز در دوره‌های طولانی مشخص می‌گردد. میلانکوویچ به این فکر بود که احتمالاً نوعی رابطه بین این چرخه‌های بغرنج و آغاز و پایان عصرهای یخ وجود دارد. مشکل آنجا بود که طول چرخه‌ها یا دوره‌های مذکور بسیار متفاوت بود ــ تقریباً ۲۰,۰۰۰، ۴۰,۰۰۰، ۱۰۰,۰۰۰ سال، اما در هر مورد، حداکثر چندهزار سال کم و زیاد می‌شد ــ و این بدان معنی بود که تعیین نقاط تقاطع آن‌ها در زمان‌های طولانی مستلزم محاسباتی طاقت‌فرسا و تقریباً بی‌پایان است. میلانکوویچ، اساساً مجبور بود زاویهٔ تابش‌های ورودی از خورشید را در هر عرض جغرافیایی واقع بر کرهٔ زمین و در هر فصل، تا یک میلیون سال محاسبه کند به طوری که با سه متغیر دایماً در حال تغییر انطباق پیدا کرده باشد.

خوشبختانه، این از نوع همان کارهای تکراری و خسته‌کننده‌ای بود که با خلق و خوی میلانکوویچ جور درمی‌آمد. او در طی بیست سال بعدی، حتی وقتی به تعطیلات می‌رفت، بی‌وقفه مداد و خط‌کش محاسبه را زمین نمی‌گذاشت و

دایماً به محاسبهٔ جدول‌های دوره‌های خودش ادامه می‌داد ـ کاری که امروزه با استفاده از کامپیوتر می‌توان در یک یا دو روز انجام داد. او مجبور بود این محاسبات را در اوقات فراغتش انجام دهد، اما در سال ۱۹۱۴، ناگهان و با آغاز جنگ اول جهانی و دستگیر شدنش به علت عضویت در نیروی احتیاط ارتش صربستان، فرصتی عظیم و ناخواسته در اختیارش قرار گرفت. بخش بزرگی از چهار سالهٔ بعدی را به صورت تحت نظر در منزل خودش در بوداپست به سر برد و فقط هفته‌ای یک‌بار خودش را به پلیس معرفی می‌کرد. در باقیماندهٔ وقت خود به کتابخانهٔ آکادمی علوم مجارستان می‌رفت و به تحقیق می‌پرداخت. احتمالاً او خوشبخت‌ترین زندانی زمان جنگ در تاریخ بشر بوده است.

پیامد نهایی نوشته‌ها و محاسبات مستمر او کتابی بود با عنوان اقلیم‌شناسی ریاضی و نظریهٔ نجومی تغییرات آب و هواکه در سال ۱۹۳۰ انتشار یافت. میلانکوویچ حق داشت که می‌گفت رابطه‌ای بین عصرهای یخ و حرکات چپ و راست کرهٔ زمین وجود دارد، هرچند او نیز مانند بسیاری از مردم چنین فرض می‌کرد که آنچه به پیدایش این دوره‌های طولانی سرما می‌انجامد افزایش تدریجی طول زمستان‌های سخت است. ولادیمیر کوپن ـ پدرزن آلفرد وگنر متخصص علم تکتونیک ـ هواشناس روسی-آلمانی، معتقد بود که فرآیند مذکور از آنچه تصور می‌شود ظریف‌تر و تا حدودی نگران‌کننده‌تر است.

کوپن اعلام کرد که علت عصرهای یخ را باید در تابستان‌های سرد جستجو کرد نه در زمستان‌های بی‌رحم و طاقت‌فرسا. اگر تابستان‌ها خیلی خنک باشند و باعث ذوب شدن تمام برف‌های یک منطقهٔ خاص نشوند، تابش‌های ورودیِ بیشتر از منبع خورشید به وسیلهٔ سطح منعکس کنندهٔ همان برف‌ها برگردانده می‌شوند و بر تأثیر خنک کنندهٔ آن‌ها می‌افزایند و زمینهٔ را برای ریزش برف بیشتر و بیشتر فراهم می‌سازند. پیامد این وضعیت، معمولاً موجب تداوم خودبخودی آن می‌شود. همچنان که برف بر هم انباشته می‌شود و به صورت یک لایه یخ در می‌آید، منطقهٔ مورد نظر خنک‌تر می‌شود، که این به انباشته شدن یخ بیشتر می‌انجامد. همچنان که گوئن شولتس یخچال‌شناس متذکر شده است: «آنچه موجب ایجاد لایه‌های یخ می‌شود نه الزاماً مقدار برف بلکه آن است که برف، هرقدر اندک، ماندگار می‌شود.» دانشمندان معتقدند که وجود یک تابستان

استثنائاً خنک می‌تواند نشانه‌ای برای آغاز عصر یخ باشد. برف برجا مانده، گرما را به سوی منبع خود برمی‌گرداند و موجب تشدید تأثیر خنک‌کنندهٔ خود می‌شود. مک فی می‌گوید: «این فرایند به خودی خود گسترش می‌یابد، توقف‌ناپذیر است و به محض افزایش واقعی برف، به حرکت در می‌آید.» بدین ترتیب یخچال به حرکت در می‌آید و عصر یخ آغاز می‌شود.

در دههٔ ۱۹۵۰ دانشمندان به علت بهره‌گیری از فن‌آوری ناقص در تاریخ‌گذاری، نتوانستند بین دوره‌های دقیقاً محاسبه شده توسط میلانکوویچ و تاریخ‌های فرضی عصرهای یخ مطرح شده در آن روزها ارتباط برقرار سازند، به همین دلیل روز به روز از هواداران میلانکوویچ و محاسبات طاقت‌فرسای او کاسته شد. میلانکوویچ در سال ۱۹۵۸ چشم از جهان فروبست در حالی‌که تا آن زمان نتوانسته بود درستی دوره‌های محاسبه شده توسط خودش را اثبات کند. جان و مری گریبین نوشته‌اند: آن روزها ما برای پیدا کردن زمین‌شناس یا هواشناسی که حاضر باشد این مدل را چیزی فراتر از یک کنجکاوی تاریخی تلقی کند، «سخت زیر فشار قرار داشتیم.» تا دههٔ ۱۹۷۰ و کشف روش تاریخ‌گذاری رسوبات بسترهای دیرینهٔ دریاها از طریق پتاسیم ـ آرگون، نظریه‌های او به تأیید نهایی نرسیده بود.

برای تبیین عصرهای یخ، وجود دوره‌های میلانکوویچ به تنهایی کفایت نمی‌کند. در اینجا بسیاری عوامل دیگر ــ بیش از همه موقعیت قاره‌ها، بویژه گستره‌های خشکی در قطب‌های زمین ــ دخالت دارند، امام جزییات این عوامل به‌درستی شناخته نشده است. اما برخی از کارشناسان گفته‌اند اگر آمریکای شمالی، اوراسیا، و گرینلند را فقط به اندازهٔ سیصد مایل در جهت شمال جابه‌جا کنیم به عصرهای یخ دایمی و گریزناپذیر می‌رسیم. ما ظاهراً موجوداتی بسیار خوشبخت هستیم که اصولاً قدری آب و هوای خوب نصیب‌مان شده است. حتی دوره‌های نسبتاً ملایم در طول عصرهای یخ نیز که عصرهای یخچالی نامیده می‌شوند کمتر از خود عصر یخ شناخته شده‌اند. اندیشیدن به اینکه کل تاریخ معنی‌دار بشر ــ تکامل کشاورزی، شکل‌گیری شهرها، تکامل ریاضیات و خط و علوم و دیگر دستاوردها ــ در یک دورهٔ غیرعادی با آب و هوای نسبتاً ملایم به وقوع پیوسته است اندکی هراس‌انگیز می‌شود. عصرهای بین‌یخچالی گذشته

بیش از هشت هزار سال دوام نیاورده‌اند. عصر بین یخچالی کنونی وارد ده‌هزارمین سال عمر خود شده است.

واقعیت آن است که ما در حال حاضر نیز تا حدود بسیار زیادی در یک عصر یخ به‌سر می‌بریم؛ این عصر، قدری جمع و جور شده است ــ البته نه به آن اندازه که بعضی‌ها تصور می‌کنند ــ در اوج آخرین عصر یخ یعنی در حدود بیست هزار سال پیش از این، نزدیک به ۳۰ درصد از سطح کرهٔ زمین در زیر لایه‌ای از یخ قرار داشت. امروزه، ده درصد آن همچنان در زیر یخ است ــ و ۱۴ درصد دیگر نیز در حالت یخبندان دایمی به سر می‌برد. سه چهارم آب شیرین جهان، حتی امروز در حالت منجمد است و کوه‌های یخ در هر دو قطب زمین به چشم می‌خورند، که در نوع خود ممکن است در تاریخ کرهٔ زمین بی‌مانند باشد. اینکه می‌بینیم زمستان‌ها در بخش بزرگی از کرهٔ زمین با بارش برف و یخچال‌های دایمی در نقاط معتدلی چون زلند جدید همراه می‌شود ممکن است بسیار طبیعی به نظر برسد اما چنین وضعی غیرعادی‌ترین حالت برای کرهٔ خاکی ما به شمار می‌رود.

الگوی کلی کرهٔ زمین در بخش بزرگی از تاریخ خود تا همین اواخر، گرم بودن بدون وجود یخ دایمی در هیچ نقطه‌ای از آن بود. عصر یخ کنونی ــ دورهٔ یخ‌بندان واقعی ــ در حدود ۴۰ میلیون سال پیش آغاز شد، و از وضعیت آب و هوای کشنده و بد تا خوب در نوسان بوده است. عصرهای یخ معمولاً آثار و مدارک مادی برجا مانده از عصرهای یخ پیشین را نابود می‌کنند، به همین دلیل هرچه به گذشته‌های دورتر بروید تصویری ناقص‌تر و ابتدایی‌تر در برابرتان گسترده می‌شود، اما از ظاهر امر چنین پیداست که کرهٔ زمین در ۲/۵ میلیون سال گذشته دست‌کم شاهد ۱۷ دورهٔ یخبندان شدید بوده است ــ این دوره با پیدایش انسان دوپا (*Homo erectus*) یا راست قامت در افریقا و به دنبال آن انسان امروزی مطابقت دارد. دو عامل که معمولاً برای آغاز دورهٔ جدید از آن‌ها نام برده می‌شود عبارتند از پیدایش کوه‌های هیمالیا و شکل‌گیری تنگهٔ پاناما، که اولی باعث از هم گسیختن جریان‌های هوا شد و دومی جریان‌های اقیانوسی را از هم جدا کرد. هند که یک زمانی جزیره بود طی چهل و پنج میلیون سال گذشته به اندازهٔ ۲,۰۰۰ کیلومتر در دل گسترهٔ خشکی آسیا پیش رفته و نه تنها موجب بالاتر رفتن کوه‌های هیمالیا شده بلکه فلات پهناور هیمالیا در پشت آن‌ها را نیز در سطحی بالاتر قرار

داده است. فرضیهٔ مطرح شده در این مورد آن است که چشم‌انداز مرتفع‌تر نه فقط سردتر بود بلکه بادها را نیز طوری منحرف می‌ساخت که در جهت شمال و به سوی آمریکای شمالی به وزش در می‌آمدند، و آن را در معرض سرماهای طولانی قرار می‌دادند. سپس تنگهٔ پاناما تقریباً از پنج میلیون سال پیش تا کنون، تدریجاً از دریا برآمد و شکاف بین آمریکای شمالی و جنوبی را پر کرد، و موجب قطع جریان‌های گرم‌کنندهٔ آب بین اقیانوس آرام و اقیانوس اطلس و تغییر در الگوهای بارندگی در منطقهٔ نزدیک به نیمی از جهان شد. یک پیامد این تغییر، خشک شدن قارهٔ افریقا بود که باعث پایین آمدن میمون‌ها از درخت‌ها و گشتن به دنبال شیوهٔ زندگی جدید در ساواناهای نوظهور شد.

به هرحال، پس از آنکه اقیانوس‌ها و قاره‌ها به وضعیت کنونی درآمدند، به نظر می‌رسد که یخ به صورت جزیی ماندگار در آیندهٔ بشر درآید. به گفتهٔ جان مک فی، پیش از آغاز یک یخ‌گشایی واقعی در کرهٔ زمین، می‌توان پنجاه دوره یخ‌بندان دیگر را انتظار داشت، که هرکدام صد هزار و اندی سال به درازا خواهد کشید.

در دورهٔ پیش از پنجاه میلیون سال گذشته، اثری از عصرهای یخ به شکل منظم در کرهٔ زمین نبوده است اما وقتی این عصرها آغاز شدند ابعادی غول‌آسا به خود گرفتند. نزدیک به ۲/۲ میلیارد سال پیش، یک یخبندان گسترده برکره زمین غالب شد و به دنبال آن دوره‌ای یک میلیارد و اندی ساله همراه با گرما از راه رسید. سپس یک عصر یخ بزرگتر از عصر نخست آغاز شد ــ چنان بزرگ که برخی از دانشمندان امروزی از عصر مذکور با عنوان دورهٔ کریوژن (Cryogenian) یا عصر اَبَر یخچالی نام می‌برند.

اما «گلوله برفی» (Snowball) به زحمت می‌تواند به آن شرایط مرگبار برسد. نظریه مطرح شده در این مورد می‌گوید کرهٔ زمین به علت کاهش تقریباً ۶ درصدی تابش‌های خورشید و پایین آمدن سطح تولید (یا نگهداشت) گازهای گلخانه‌ای، اساساً توانایی نگهداشتن گرمای خود را از دست داد. کل کرهٔ زمین به نوعی قطب جنوب سراسری تبدیل شد. دمای زمین تا ۸۰ درجهٔ فارنهایت سقوط کرد. احتمالاً کل سطح کرهٔ زمین یخ زد و ارتفاع یا ضخامت یخ اقیانوس در عرض‌های

جغرافیایی بالاتر به ۸۰۰ متر و حتی در مناطق گرمسیری به ده‌ها یارد رسید.

مسأله‌ای که در اینجا پیش می‌آید آن است که از مدارک زمین‌شناسی چنین استنباط می‌شود که یخبندان همه‌جا را از جمله اطراف خط استوا را فرا گرفته بوده است، اما از مدارک زیست‌شناختی با همان قطعیت همچنین برمی‌آید که در نقطه‌ای از زمین سطح آب باز بوده است. به همن دلیل، جلبک‌های سبز ـ آبی (Wyanobacteria) از این واقعه جان به در بردند و امروز عمل فتوسنتز را انجام می‌دهند. این جلبک‌ها برای انجام دادن این کار به آفتاب نیاز داشتند اما همچنان که متوجه خواهید شد اگر تاکنون از پشت یخ به چیزی نگاه کرده باشید به یاد خواهید آورد که یخ سریعاً مات می‌شود و پس ازآنکه قطرش به چند یارد رسید دیگر هیچ نوری را از خود عبور نمی‌دهد. در این مورد، دو امکان پیشنهاد شده است. یکی آن است که می‌گوید مقداری از آب اقیانوس به صورت روباز باقی می‌ماند (احتمالاً بر اثر نوعی گرمایش موضعی در بالای یک چشمهٔ آب گرم)؛ و دیگری آنکه می‌گوید یخ احتمالاً چنان شکل گرفت که مات نشد ـ پدیده‌ای که گاهی در طبیعت رخ می‌دهد.

اگر بپذیریم که سراسر کرهٔ زمین یخ بست، در این صورت با این پرسش بسیار دشوار روبرو می‌شویم: زمین چگونه دوباره گرم خواهد شد؟ سطح یخ بستهٔ کرهٔ زمین باید به قدری از خود گرما منعکس کند که تا ابد به حالت یخ‌زده باقی بماند. چنین به نظر می‌رسد که احتمالاً اندرون مذاب کرهٔ زمین به نجات آمده است. این بار نیز ما وجود خود را بر پهنهٔ این کرهٔ خاکی مدیون علم تکتونیک هستیم. می‌گویند این‌بار آتشفشان‌ها به داد ما رسیدند، بدین معنی که به زیر سطح مدفون زمین فشار آوردند و چنان مقادیری از گرما و گاز را به خارج فرستادند که موجب آب شدن برف‌ها و شکل‌گیری دوبارهٔ اتمسفر زمین شدند. نکتهٔ جالب توجه آن است که پایان این واقعهٔ بیش از حد یخ بسته با انفجار کامبرین ـ واقعهٔ بهاری در تاریخ کرهٔ زمین ـ مشخص می‌شود. به بیان دقیق‌تر، احتمال می‌رود کرهٔ زمین آنقدرها هم که دانشمندان گفته‌اند آرام نبوده باشد. زمین همچنان که گرمتر می‌شد احتمالاً سرکش‌ترین آب و هوای تاریخ کرهٔ زمین همراه با توفندهایی با قدرت کافی برای ایجاد امواجی به ارتفاع آسمان خراش‌های امروزی و بارندگی بسیار شدید و وصف‌ناپذیر، بر آن چیره می‌گشت.

تردیدی نیست که در سراسر این عصر، کرم‌های لوله‌ای و صدف‌های خوراکی و دیگر شکل‌های حیات که به شکاف‌های اعماق اقیانوس‌ها چسبیده بودند چنان به زندگی خود ادامه دادند که گویی هیچ اتفاقی نیفتاده است اما تمامی دیگر شکل‌های حیات موجود احتمالاً به آخرین نقطهٔ خدا حافظی و خروج از آن رسیدند. کل این تحولات در زمانی بس طولانی و گذشته‌هایی چنان دور رخ دادند که ما در این مرحله چیزی از آن‌ها نمی‌دانیم.

عصرهای یخ نزدیک به ما در مقایسه با انفجار کریوژن (عصر اَبَریخچالی) در مقیاسی بسیار کوچک جلوه می‌کنند، اما تردیدی نیست که با استانداردهای هرچیزی که امروزه در زمین یافت می‌شود ابعادی بس عظیم داشتند. لایهٔ یخ ویسکانسین که بخش بزرگی از اروپا و آمریکای شمالی را به زیر خود برد، در برخی نقاط دو مایل ضخامت داشت و با سرعتی در حدود ۴۰۰ فوت در سال به پیش می‌رفت. تماشای چنین پدیده‌ای بسیار هیجان‌انگیز است. ضخامت لایه‌های یخ، حتی در لبه‌های جلویی به حدود نیم مایل می‌رسید. تصور کنید که در پای دیواری از یخ به ارتفاع دو هزار فوت ایستاده‌اید. در پشت این لبه، در سطحی به وسعت میلیون‌ها مایل مربع، هیچ چیزی جز یخ بیشتر دیده نمی‌شود و فقط قله‌های چند تا از بلندترین کوه‌ها از برخی نقاط سر بر می‌آورند. کل قاره‌های زمین به قدری در زیر فشار آن همه یخ فرو رفتند که حتی امروزه یعنی دوازده هزار سال پس از عقب‌نشینی یخچال‌ها، همچنان در حال بالا آمدن و برگشتن به حالت نخست هستند. لایه‌های یخ فقط گرداله سنگ‌ها و خطوط طولانی یخ رُفت‌های شن‌دار را ذره‌ذره از جا نکندند بلکه در جریان پیشروی آرامشان گستره‌های خشکی عظیمی چون لانگ آیلند و کیپ کاد و نانتاکت را نیز به اطراف پرتاب کردند. بنابراین، هیچ جای شگفتی نیست اگر می‌بینیم زمین‌شناسان پیش از آگاسی در شناخت ظرفیت بیکران یخ‌ها برای بازآفرینی چشم‌اندازهای طبیعی به مشکل برخورد کرده بودند.

اگر لایه‌های یخ دوباره به حرکت درآیند، ما هیچ ابزاری برای منحرف ساختن آن‌ها در زرادخانهٔ خویش نداریم. در سال ۱۹۶۴ در پرینس ویلیام ساوند آلاسکا، یکی از بزرگترین میدان‌های یخچالی آمریکای شمالی بر اثر قوی‌ترین زمین لرزهٔ ثبت شده در تاریخ این قاره به لرزه درآمد. بزرگی این زمین لرزه ۹/۲

درجه در مقیاس ریشتر بود. سطح زمین در امتداد خط گسل به اندازهٔ بیست فوت بالا آمد. به بیان دقیق‌تر، زمین لرزه چنان شدید بود که باعث بیرون ریختن آب استخرهای مردم در ایالت تکزاس شد. راستی این‌انفجار بی‌مانند چه تأثیری بر یخچال پرینس ویلیام ساند داشت؟ هیچ. آن‌ها فقط از آب تهی شدند و به حرکت‌شان ادامه دادند.

سال‌های سال چنین تصور می‌شد که کرهٔ زمین به تدریج وارد عصر یخ می‌شود و به تدریج هم از آن خارج می‌شود، که معمولاً از چند صد هزار سال طولانی‌تر نمی‌شود، اما امروزه می‌دانیم که چنین نبوده است. در پرتو مغزه‌های یخ حفاری شده از منطقه گرینلند، بشر بایگانی مفصلی از وضعیت آب و هوا در بیش از صد هزار سال گذشته فراهم آورده است، و آنچه در آنجا به دست آمده به هیچ وجه دلخوش کننده نیست. این بایگانی نشان می‌دهد که کرهٔ زمین در بخش بزرگی از تاریخ خود به هیچ وجه آن مکان پایدار و آرامی نبوده است که تمدن‌های بشر به خود دیده‌اند بلکه به طرزی خشونت‌آمیز و ناگهانی از یک دورهٔ گرما به دورهٔ سرمایی کشنده می‌جهیده است.

در سده‌های نزدیک به آخرین عصر یخبندان بزرگ، یعنی در حدود دوازده هزار سال پیش از این، کرهٔ زمین تدریجاً و خیلی ناگهانی گرم شد اما باز ناگهان سرمایی تلخ و سنگین برآن چیره شد که تا هزار و اندی سال دوام آورد. این تغییرات در جریان واقعه‌ای پیش آمد که در علم از آن با عبارت Younger Dryas (داغ گلی نورس) یاد می‌شود. این نام، از نام گیاه dryas (داغ گلی) بومی قطب شمال گرفته شده است که یکی از نخستین گیاهانی بود که پس از عقب‌نشینی لایهٔ یخ دوباره در سطح زمین ظاهر و در آن متمرکز می‌شود. دورهٔ دیگری به نام Older Dryas (داغ گلی بالغ) وجود داشت. اما حدود چندان مشخصی نداشت. در پایان این تهاجم هزار ساله، دماهای متوسط دوباره به صورت جهشی و چیزی در حدود هفت درجه در بیست سال افزایش پیدا کردند، که چندان چشمگیر به نظر نمی‌رسد ولی مثل آن است که آب و هوای اسکاندیناوی را فقط در طی دو دهه با آب و هوای مدیترانه‌ای عوض کرده باشیم. از لحاظ موضعی، تغییرات از این هم

چشمگیرتر بوده‌اند. مغزه‌های حفاری و استخراج شده از گرینلند نشان می‌دهد که دما در آنجا به اندازهٔ ۱۵ درجه در ۱۰ سال تغییر پیدا کرده و موجب تغییرات اساسی در الگوهای بارندگی و شرایط رویش گیاهان شده است. این وضعیت به احتمال قوی، در زمین کم‌جمعیت آن روزی بسیار نگران‌کننده بوده است. پیامدهای چنین واقعه‌ای در شرایط کنونی زمین، اصولاً قابل تصور نیست.

آنچه بیش از هر چیزی موجب نگرانی می‌شود این است که ما نمی‌دانیم ـ به هیچ وجه ـ کدام پدیده‌های طبیعی می‌تواند دماسنج زمین را این چنین سریع به نوسان درآورد. همچنان که الیزابت کولبرت در نشریهٔ نیو یورکر می‌گوید: «هیچ نیروی شناخته شدهٔ خارجی، یا حتی هیچ نیرویی که در فرضیه‌ها مطرح شده است به نظر نمی‌رسد که بتواند دمای زمین را آن‌چنان که از این مغزه‌های حفاری شده استنباط می‌شود با چنین شدتی دستخوش تکان‌های رفت و برگشتی کند.» سپس می‌افزاید: «به نظر می‌رسد یک حلقهٔ پسخوراند گسترده و بسیار هولناک،» احتمالاً شامل اقیانوس‌ها و از هم گسیختگی‌های ایجاد شده در الگوهای عادی چرخش جریان‌های اقیانوسی در این کار مؤثر بوده باشد، اما کل این تحولات به قدری با ما فاصله دارد که درک آن را غیرممکن می‌سازد.

به موجب یک نظریه، جریان سنگین حاصل از ذوب برف‌ها و سرازیر شدن آن به دریاها در دورهٔ داغ گلی نورس، از درجهٔ شوری (و نتیجتاً چگالی) آب اقیانوس‌های شمالی کاست و باعث منحرف شدن جریان معروف به گلف استریم (Gulf Stream) در جهت جنوب گردید، درست مانند راننده‌ای که اتومبیلش را برای جلوگیری از تصادف به سوی دیگری منحرف کند. عرض‌های جغرافیایی شمالی که از گرمای گلف استریم محروم شده بودند به آب و هوای سرد بازگشتند. اما این به هیچ وجه به ما نمی‌گوید که هزار سال بعد، یعنی زمانی که آب و هوای کرهٔ زمین دوباره رو به گرمی نهاد، چرا گلف استریم مانند گذشته تغییر مسیر نداد. در عوض، دوره‌ای همراه با آرامش استثنایی آغاز شد که هولوسین نامیده می‌شود، و این همان دوره‌ای است که ما اکنون در آن به سر می‌بریم.

هیچ دلیلی در دست نیست که با استناد به آن بخواهیم فرض کنیم که این دورهٔ ثبات در آب و هوا بخواهد بیش از این ادامه پیدا کند. طبیعی است چنین فرض کنیم که گرم شدن کرهٔ زمین نقش عاملی متعادل‌کننده را در تمایل زمین

برای بازگشت به شرایط یخچالی ایفا می‌کند. لیکن همچنان که کولبرت متذکر شده است، ما وقتی با یک آب و هوای نوسان‌دار و غیرقابل پیش‌بینی مواجه می‌شویم «آخرین کاری که می‌خواهیم انجام دهیم آن است که یک آزمایش پردامنه و بدون نظارت با آن انجام دهیم.» برخی از دانشمندان با ملموسیتی بیش از آنچه در وهلهٔ نخست جلب توجه می‌کند گفته‌اند که عصر یخ عملاً بر اثر افزایش دما به حرکت در می‌آید. فکر اصلی در اینجا آن است که اندکی گرم‌تر شدن هوا موجب تشدید درصدهای تبخیر و افزایش پوشش ابر می‌شود و در عرض‌های جغرافیایی بالاتر به انباشت‌های پایدارتر برف می‌انجامد. به بیان دقیق‌تر، گرم‌تر شدن آب و هوای کرهٔ زمین، گرچه تناقض‌آمیز به نظر می‌رسد، می‌تواند به طرز ملموسی به تشدید موضعی سرما در آمریکای شمالی و اروپای شمالی منجر گردد.

تعداد عوامل مؤثر در شکل‌گیری آب و هوا ــ بالا رفتن و پایین آمدن سطح دی‌اکسید کربن، جابه‌جایی قاره‌ها، فعالیت خورشید، چپ و راست شدن‌های پرشکوه دوره‌های میلانکوویچی ــ به قدری زیاد است که شناخت رویدادهای گذشته درست به اندازهٔ رویدادهای آینده دشوار می‌شود. بخش بزرگی از عوامل، خیلی ساده، در خارج از حیطهٔ تسلط ما قرار دارد. مثلاً جنوبگان را در نظر بگیرید. جنوبگان، دست کم بیست میلیون سال پس از استقرار در اطراف قطب جنوب، در زیر پوششی از گیاهان و فاقد هرگونه یخ بوده است. چنین چیزی عملاً نمی‌بایست امکان‌پذیر بوده باشد.

چراگاه‌های شناخته شدهٔ برخی از دایناسورها نیز با همین پیچیدگی‌ها همراه هستند. استیفن دراری متذکر می‌شود که جنگل‌های واقع در محدودهٔ ۱۰ درجه‌ای قطب شمال، زیستگاه انواع جانوران بزرگ از جمله تنها گونهٔ معروف به تیرانوزوروس رکس (*Tyrannosaurus rex*) گوشتخوار بوده‌اند. او می‌نویسد: «خیلی عجیب است، چون عرض جغرافیایی در چنان ارتفاعی، سه ماه تمام از سال را در تاریکی قرار می‌گیرد.» گذشته از آن، امروزه مدارکی به دست آمده است که نشان می‌دهد این عرض‌های جغرافیایی بالا دستخوش زمستان‌های بسیار شدید بوده‌اند. از مطالعات انجام شده به روش ایزوتوپ اکسیژن چنین نتیجه می‌شود که آب و هوای اطراف فیربنکس در ایالت آلاسکا در دورهٔ کرتاسه تقریباً تفاوتی با آب و هوای امروزی آن نداشته است. بنابراین، تیرانوزوروس در آنجا چه

می‌کرده است؟ یا در جریان یک مهاجرت فصلی به پیمودن چنان مسافتی تن داده است یا آنکه بخش بزرگی از سال را در میان برف‌های بادآورده و انباشته در تاریکی می‌گذرانده است. در استرالیا ــ که در آن زمان دارای جهت‌گیری قطبی‌تری بود ــ بازگشت به آب و هوای گرمتر امکان‌پذیر نبود. فقط با توسل به حدس و گمان می‌توان دریافت که دایناسورها چگونه توانسته‌اند در چنین شرایطی زنده بمانند.

نکته‌ای که در اینجا نباید از یاد برد آن است که اگر لایه‌های یخ دوباره به هر دلیل تشکیل شوند، مقدار آب موجود و قابل استفاده در این تحول، امروزه خیلی بیشتر است. دریاچه‌های بزرگ خلیج هادسن، و دریاچه‌های بی شمار کانادا ــ هیچ یک وجود نداشتند که آب‌شان در آخرین عصر یخ مورد استفاده قرار گیرد. جملگی این دریاچه‌ها آفریدهٔ آخرین عصر یخ بودند.

از طرف دیگر، مرحلهٔ بعدی تاریخ زمین، ممکن است به جای آنکه زمین را دست اندرکار تولید یخ ببیند، شاهد ذوب شدن یخ‌های آن باشد. اگر تمام لایه‌های یخ ذوب شوند سطح دریاها به اندازه دویست فوت ــ معادل ارتفاع یک ساختمان بیست طبقه ــ بالا می‌آید و تمام شهرهای ساحلی جهان به زیر آب می‌رود. به احتمال خیلی زیاد و دست کم در کوتاه مدت، لایهٔ یخ شمالگان غربی در هم خواهد شکست و فروخواهد ریخت. در پنجاه سال گذشته، آب‌های اطراف آن به اندازهٔ ۲/۵ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌تر شده‌اند و تعداد شکستن‌ها و فروریختن‌های قطعات یخ به طرز چشمگیری افزایش پیدا کرده است. به دلیل ساختار زمین شناختی خاص این منطقه، سقوط گسترده قطعات عظیم یخ بسیار محتمل به نظر می‌رسد. اگر چنین شود، سطح آب دریاهای جهان بالا می‌آید ــ آن هم خیلی سریع ــ که به طور متوسط بین پانزده تا بیست فوت در نوسان خواهد بود.

واقعیت باورنکردنی آن است که ما به درستی نمی‌دانیم کدام احتمال به واقعیت خواهد پیوست: آینده‌ای که سالیان سال سرمای مهلک برای ما به ارمغان می‌آورد یا آینده‌ای که پهنه‌هایی از گرمای بخارآلود در اختیارمان قرار می‌دهد. فقط در یک مورد تردید نیست: ما در لبهٔ یک چاقو زندگی می‌کنیم.

از قضا، در درازمدت، آغاز عصرهای یخ برای کرهٔ زمین به هیچ وجه پدیده‌ای ناگوار تلقی نمی‌شود. عصرهای یخ موجب ساییده شدن توده‌های

سنگ و تولید خاک‌های بسیار غنی و برآمدن دریاچه‌های آب شیرین حاوی انبوهی از امکانات غذایی برای صدها گونه از جانداران می‌شوند. همچنین به آغاز مهاجرت‌ها و پویا نگهداشتن کرهٔ زمین دامن می‌زنند. همچنان که تیم فلنری گفته است: «فقط یک پرسش وجود دارد که باید در مورد هر قاره مطرح کنیم تا سرنوشت ساکنان آن مشخص شود: آیا عصر یخ‌تان خوش گذشت؟» و با در نظر داشتن این پرسش، اکنون وقت آن است که به بررسی گونه‌ای از یک بوزینه یا میمون آدم‌نما بپردازیم که عصر یخ را حقیقتاً به خوشی پشت سر گذاشت.

# ۲۸ دوپای اسرارآمیز

چند روزی پیش از جشن‌های کریسمس ۱۸۸۷ یک پزشک جوان هلندی با نام غیرهلندی ماری اوژن فرانسوا توما دوبوئا به جزیرهٔ سوماترا از جزایر هند شرقی هلند گام نهاد. او می‌خواست کهن‌ترین بقایای موجود انسان در کرهٔ زمین را پیدا کند.*

در این کار، جنبه‌های خارق‌العادهٔ بسیاری وجود داشت نخست آنکه تا آن زمان کسی به جستجوی استخوان‌های باستانی انسان نپرداخته بود. هرآنچه تا این نقطه یافت شده بود جنبهٔ تصادفی داشت و در هیچ گوشه‌ای از گذشته و سابقهٔ دوبوئا چنین استنباط نمی‌شد که او فردی مطلوب باشد و بتواند کار را به تصمیم شخصی خودش آغاز کند. او در رشتهٔ کالبدشناسی تحصیل کرده بود و سابقه‌ای در زمینهٔ دیرین‌شناسی نداشت. همچنین، هیچ دلیل خاصی وجود نداشت برای آنکه فرض کنیم بقایای انسان اولیه در جزایر هند شرقی باقی مانده باشد. منطق حکم می‌کرد که اگر قرار باشد بقایای انسان‌های عصر باستان در جایی یافت شود باید به سراغ گستره‌های پهناور و از دیرباز مسکون رفت نه اعماق پناهگاه‌های یک مجمع‌الجزایر. انگیزهٔ سفر دوبوئا به جزایر هند شرقی چیزی جز حدس و گمان، احتمال استخدام شدن و اطلاع یافتن از وجود غارهای بی‌شمار و رسیدن به محیطی طبیعی نبود که بخش بزرگی از مهم‌ترین فسیل‌های انسان ریخت‌ها (hominids) تاکنون از آنجا به دست آمده است. آنچه بیش از همه در اینجا

* دوبوئا گرچه هلندی بود، ولی در شهر ائیسدن (Eijsden) واقع در مرز منطقه فرانسوی زبان بلژیک متولد شده بود.

خارق‌العاده و حقیقتاً معجزه‌آسا به نظر می‌رسد آن است که او همان چیزی را یافت که در جستجویش بود.

زمانی که دوبوئا نقشهٔ خود را برای گشتن به دنبال یک حلقهٔ گمشده آماده می‌کرد، بایگانی فسیلی انسان چندان غنی نبود: پنج اسکلت ناقص نئاندرتال، جزیی از یک استخوان فک متعلق به جانوری ناشناخته، و شش انسان متعلق به عصر یخ که تازگی‌ها توسط کارگران راه‌آهن در یکی از غارهای پرتگاه کرومانیون در نزدیکی لز زی (Les Eyzies) فرانسه یافت شده بودند. از میان نمونه‌های انسان نئاندرتال، بهترین نمونهٔ موجود بی‌آنکه توجه کسی را به خود جلب کند روی قفسه‌ای در لندن نگهداری می‌شد. این نمونه را کارگرانی یافته بودند که در سال ۱۸۴۸ دست اندرکار عملیات انفجار در یک معدن سنگ در جبل‌الطارق بودند، به همین علت شگفت‌انگیز بود که اصولاً سالم مانده بود، ولی متأسفانه تا آن زمان کسی متوجه نشده بود که این استخوان‌بندی به چه موجودی تعلق دارد. پس از انجام بررسی‌های مختصر در انجمن علمی جبل‌الطارق آن را به موزهٔ هانترین (Hunterian) لندن فرستاده بودند. در آنجا علیرغم گذشت پنجاه سال، جز چند بار غبارروبی، کسی آن را تکان نداده یا دستی به آن نزده بود. نخستین تشریح رسمی آن تا سال ۱۹۰۷ به شکل مدون درنیامده بود، و در آن سال نیز این کار به دست یک زمین‌شناس به نام ویلیام سولاس انجام شد که «فقط مختصر صلاحیتی در کالبدشناسی داشت.»

بدین ترتیب، نام و افتخار کشف نخستین انسان اولیه نصیب درهٔ نئاندر در آلمان شد ــ که از قضا چندان هم بی‌جا نبود. زیرا تصادفاً واژه نئاندر (*Neander*) در زبان یونانی نیز به معنی «انسان نو» به کار برده می‌شود. همان‌جا و در سال ۱۸۵۶ کارگران در یک معدن سنگ دیگر و بر سینهٔ پرتگاهی مشرف بر رود دوسل به چند استخوان عجیب و غریب برخوردند و جملگی را در اختیار معلم مدرسهٔ محل قرار دادند چون می‌دانستند که او به چیزهای طبیعی علاقمند است. معلم که یوهان کارل فولروت نام داشت با شگفتی متوجه شد که نوع جدیدی از انسان را در اختیار دارد. اینکه انسان مذکور چه نوعی از انسان است و چه خصوصیاتی دارد، مدت‌ها موضوع بحث و مشاجرهٔ بین دانشمندان بود.

بسیاری از دانشمندان حاضر نبودند بپذیرند که استخوان‌های نئاندرتال

اصولاً به روزگار باستان تعلق دارند. اوگوست مایر از استادان دانشگاه بن و از دانشمندان بانفوذ آن روزگار، اصرار داشت ثابت کند که استخوان‌های مذکور به یک سرباز قراق مغول تعلق دارند که ضمن جنگ سال ۱۸۱۴ در آلمان زخمی شده و به درون غار خزیده و در همان جا مرده است. ت. ه. هاکسلی در انگلستان با شنیدن این اظهار نظر با بی‌اعتنایی گفت چقدر جالب است که سرباز مغول با آنکه زخمی کشنده برداشته بود تا ارتفاع ۶۰ فوت از پرتگاه بالا برود، لباس‌ها و لوازم شخصی‌اش را از خود جدا کند، ورودی غار را مسدود سازد و خودش را در زیر لایه‌ای از خاک به ضخامت دو فوت مدفون کند.

یک انسان‌شناس دیگر که از مشاهدهٔ پیشانی برجسته و سنگین انسان نئاندرتال گیج شده بود، گفت که پیشانی او بر اثر اخم دراز مدت ناشی از طول دورهٔ بهبودی یافتن آرنج شکسته‌اش به این صورت درآمده است. مقامات رسمی به دلیل اشتیاقی که برای رد کردن اندیشهٔ وجود انسان‌های اولیه داشتند غالباً بدشان نمی‌آمد که به سراغ عجیب‌ترین احتمالات بروند. تقریباً در همان زمانی که دوبوئا می‌خواست عازم سوماترا شود ۷ اسکلت دیگری که در پریگو (Perigueux) یافت شده بودند با اطمینان تمام به یک اسکیمو نسبت داده شدند. هیچ‌کس نتوانست به درستی توضیح دهد که یک اسکیموی روزگار باستان چه کاری می‌توانسته است در جنوب غربی فرانسه داشته باشد. اما این اسکلت به یک انسان کرومانیون اولیه تعلق داشت.

بر چنین زمینه‌ای بود که دوبوئا جستجو برای پیدا کردن استخوان‌های انسان عصر باستان را آغاز کرد. خود او در هیچ نقطه‌ای دست به حفاری نزد، بلکه از پنجاه زندانی محکوم که مقامات هلندی در اختیارش قرار داده بودند استفاده کرد. این محکومان مدت یک سال تمام در سوماترا کار کردند و پس از آن به جاوه منتقل شدند. در اینجا، دوبوئا ــ یا به بیان دقیق‌تر گروه زیر دست او، چون شخص وی کمتر به مشاهدهٔ نقاط حفاری شده می‌رفت ــ بخشی از جمجمهٔ باستانی انسان را پیدا کرد که امروزه جمجمهٔ ترینیل (Trinil) نامیده می‌شود. این یافته گرچه فقط جزیی از یک جمجمه بود، نشان می‌داد که کلهٔ صاحبش دارای مشخصاتی آشکارا غیرانسانی اما مغزی به مراتب بزرگتر از مغز هر میمون آدم‌نما بوده است. دوبوئا این موجود را آنتروپیتکوس ارکتوس (*Anthropithecus erectus*) یا

انسان راست قامت نامید (بعدها آن را به دلایل فنی به پیتیکانتروپوس ارکتوس تغییر داد) و اعلام کرد که این همان حلقهٔ گم‌شدهٔ بین میمون‌های آدم‌نما و انسان‌ها است. پیتیکانتروپوس سریعاً در نزد مردم به «انسان جاوه» شهرت پیدا کرد. امروزه عنوان هومو ارکتوس یا انسان راست قامت برای آن بکار می‌رود.

سال بعد، کارگران دوبوئا به یک استخوان ران کامل برخوردند که به طرز حیرت‌آوری جدید به نظر می‌رسید. به عبارت دقیق‌تر، بسیاری از انسان‌شناسان معتقدند که استخوان مذکور حقیقتاً جدید است و هیچ ربطی به انسان جاوه ندارد. اگر به انسان ارکتوس تعلق داشته باشد، به هیچ یک از استخوان‌های یافت شده از آن زمان به بعد شباهت ندارد. با این حال، دوبوئا با استفاده از این استخوان ران چنین نتیجه گرفت ــ درستی آن بعدها معلوم شد ــ که پیتیکانتروپوس به حالت عمودی راه می‌رفته است. همچنین، با در اختیار داشتن یکی دو تکه استخوان جمجمه و یک دندان، مدلی از اسکلت کامل آن موجود را ساخت ــ بعدها معلوم شد این کار را نیز بسیار دقیق انجام داده است.

در سال ۱۸۹۵ دوبوئا به اروپا بازگشت، و انتظار داشت که استقبال شاهانه و پیروزمندانه‌ای از او به عمل آید. اغلب دانشمندان، با نتیجه‌گیری‌ها و روش خودخواهانهٔ دوبوئا در معرفی و مطرح ساختن آن‌ها مخالفت کردند. آن‌ها می‌گفتند این جمجمه به یک بوزینه و احتمالاً به یک گیبون تعلق دارد نه به یک انسان اولیه. دوبوئا که به اثبات ادعای خود دلگرم بود، در سال ۱۸۹۷ به یک کالبدشناس نامدار از دانشگاه استراسبورگ به نام گوستاو شوالب اجازه داد یک نمونهٔ ریختگی از آن تهیه کند. به دنبال این کار، شوالب گزارشی نوشت و انتشار داد که بیش از تمام نوشته‌های دوبوئا مورد استقبال قرار گرفت. سپس شوالب به سفر درکشورهای دیگر پرداخت و با چنان ستایشی مواجه شد که گویی جمجمهٔ مذکور را خودش شخصاً حفاری کرده و از دل خاک خارج ساخته بود، که این موجب دلسردی شدید دوبوئا شد. دوبوئا که از این کار متنفر و آزرده شده بود، شغل بی‌سروصدای استادی رشتهٔ زمین‌شناسی را در دانشگاه آمستردام به هرچیزی ترجیح داد و تا بیست سال بعد به‌کسی اجازه نداد از فسیل با ارزشی که در اختیار داشت حتی بازدید کند. در سال ۱۹۴۰ جهان را با تلخ کامی بدرود گفت.

در این ضمن، و در آن سوی کرهٔ زمین در قارهٔ افریقا ریمند دارت رییس استرالیایی‌تبار بخش کالبدشناسی دانشگاه ویتواترز رند در ژوهانسبورگ جمجمهٔ کوچک اما کامل متعلق به یک کودک را دریافت کرد که چهره‌اش سالم بود، فک پایینی را داشت به اضافهٔ آندوکاست ـ شکل طبیعی و ریختگی مغز ـ که از یک معدن سنگ اهک در حاشیهٔ بیابان کالاهاری در نقطه‌ای گرد و خاک گرفته به نام تاونگ به دست آمده بود. دارت بلافاصله تشخیص داد که جمجمهٔ تاونگ نه به یک هومو ارکتوس مانند انسان جاوهٔ دوبوئا بلکه به انسانی قدیمی‌تر با شباهت بیشتر به موجودی بوزینه‌وار تعلق دارد. او عمر این جمجمه را دو میلیون سال تعیین کرد و عنوان آوسترالوپیتکوس آفریکانوس (*Australopithecus africanus*) یا «انسان بوزینه‌نمای جنوب افریقا» را برای آن برگزید. دارت ضمن گزارشی به مجلهٔ نیچر بقایای تاونگ را «به طرز حیرت‌آوری انسان‌وار» نامید و گفت در اینجا ضروری است یک تیرهٔ کاملاً جدید به نام هومو سیمیادا۱ (*Homo Simiada*) یا «انسان ـ بوزینه‌ها» بر طبقه‌بندی موجود افزوده شود تا این کشف جدید در آن جا گیرد.

رفتار مقامات رسمی در مقابل کارهای دارت در مقایسه با کارهای دوبوئا به‌مراتب دلسردکننده‌تر بود. تقریباً تمام اجزای نظریهٔ دارت ـ ظاهراً باید گفت تمام اجزای وجودی خود دارت ـ مایهٔ آزار آن‌ها بود. نخست اینکه او با انجام دادن کارهای آزمایشگاهی توسط خودش به جای کمک خواستن از کارشناسان با تجربه‌تر در اروپا، خود را به طرز تأسف‌باری گستاخ معرفی کرده بود. حتی نامی که برای کشف مذکور برگزید یعنی آوسترالوپیتکوس، از عدم کاربرد اصطلاحات علمی توسط او حکایت داشت چون تلفیقی از ریشه‌های یونانی و لاتینی بود. از همه مهم‌تر اینکه نتیجه‌گیری‌های او با فلسفهٔ مرسوم در اروپا مغایرت داشت. عموماً در این مورد توافق حاصل شده بود که انسان‌ها و میمون‌ها دست‌کم پانزده میلیون سال پیش از این در قارهٔ آسیا از یکدیگر جدا شده بودند. اگر انسان‌ها در قارهٔ افریقا به ظهور رسیده‌اند، پس چرا سیاه شده‌اند. درست مثل این بود که شخصی که به تحقیق پرداخته است اعلام کند که استخوان‌های اجدادی انسان را در جایی مانند میسوری پیدا کرده است. این اظهارات با آنچه شناخته شده بود جور در نمی‌آمد.

تنها پشتیبان مهم دارت یک پزشک و دیرین‌شناس اسکاتلندی‌تبار با هوش

و خلق و خوی عجیب و غریب و دوست‌داشتنی به نام رابرت بروم بود. مثلاً یکی از عادت‌های بروم آن بود که هروقت هوا گرم می‌شد (که غالباً چنین بود) پژوهش‌های عملی را بدون آنکه لباسی بر تن کرده باشد انجام می‌داد. همچنین به انجام دادن آزمایش‌های مشکوک کالبدشناسی با بیماران فقیرتر و سربه راه‌تر خود مشهور بود. وقتی این‌گونه بیماران می‌مردند (که بارها چنین شد) گاهی جسدشان را در حیات‌خلوت خانه‌اش دفن می‌کرد تا بعدها بتواند از خاک درآورد و تحقیقات دیگری برروی آن‌ها انجام دهد.

بروم از دیرین‌شناسان ورزیدهٔ روزگار خویش بود، و از قضا چون در افریقای جنوبی زندگی می‌کرد می‌توانست جمجمهٔ تاونگ را مستقیماً مشاهده و بررسی کند. او نیز همچون دارت متوجه شد که جمجمهٔ مذکور از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، و همه‌جا قویاً به عنوان نمایندهٔ دارت سخن می‌گفت، اما تماماً بی‌فایده. در دورهٔ پنجاه سالهٔ بعدی، اطلاعات به دست آمده حکایت از آن داشت که جمجمهٔ تاونگ به چیزی جز یک بوزینه تعلق ندارد. دارت ۵ سال از عمرش را صرف نوشتن گزارشی کتاب مانند کرد ولی هیچ ناشری حاضر نشد آن را چاپ کند. سرانجام او از تلاش برای انتشار نوشته‌هایش دست برداشت (اما شکار فسیل را همچنان دنبال می‌کرد). جمجهٔ تاونگ ــ که امروزه یکی از عالی‌ترین گنجینه‌های انسان‌شناسی به شمار می‌رود ــ سال‌های سال همانند یک وزنهٔ کاغذ نگهدار روی میز یکی از همکاران بروم افتاده بود.

زمانی که دارت نظر خود را در سال ۱۹۲۴ به جهانیان اعلام کرد فقط چهار گروه از انسان‌وارهای باستانی ــ هومو هیدلبرگنسیس، هومو رودزینسیس، نئاندرتال‌ها، و انسان جاوهٔ دوبوئا ــ شناخته شده بودند، اما چیزی نگذشت که در این شناسایی نیز تغییرات بنیادی داده شد.

نخست آنکه یک کانادایی با استعداد و علاقمند به انسان‌شناسی، به نام دیویدسن بلک در کشور چین و در محلی به نام تپهٔ استخوان اژده‌ها دست به حفاری زد. این تپه در نزد اهالی محل به داشتن انواع استخوان‌های باستانی شهرت داشت. متأسفانه، چینی‌ها به‌جای آنکه استخوان‌ها را برای کارهای تحقیقاتی نگهداری کنند برای تهیه داروهای سنتی آسیاب می‌کردند. اینکه چه تعداد از استخوان‌های گران‌قیمت انسان راست قامت (هومو ارکتوس) پس از

آسیاب شدن به صورت داروی چینی مشابه بی‌کربنات سود وارد بازار مصرف شده است خدا می‌داند.

وقتی بلک به تپهٔ استخوان اژدها رسید آن را تهی از انبوه استخوان یافت، ولی یک دندان آسیای فسیل‌شده پیدا کرد و بر اساس همان یک دندان، کشف درخشان سیناتروپوس پکیننسیس (*Sinathropus Pekinensis*) را به جهان اعلام کرد که بلافاصله به انسان پکن معروف شد.

به اصرار بلک، حفاری‌های جدی بیشتری در همان محل انجام شد و استخوان‌های بیشتری به دست آمد. متأسفانه تمام آن استخوان‌ها در فردای حملهٔ ژاپنی‌ها به پرل هاربور در سال ۱۹۴۱ و هنگامی که یکی از واحدهای وابسته به نیروی دریایی آمریکا می‌کوشید استخوان‌ها (نفرات خود) را از چین خارج کند توسط نیروهای ژاپنی دستگیر و زندانی شد، گم شدند. سربازان ژاپنی وقتی دیدند که در صندوق‌های واحد اسیر شده چیزی جز چند تکه استخوان نیست آن‌ها را در کنار جاده رها کردند. این آخرین باری بود که استخوان‌های مذکور توسط انسان مشاهده شدند.

در این ضمن، و در سرزمین قدیمی دوبوئا در جاوه، گروهی به رهبری رالف فون کونیگزوالد مجموعهٔ دیگری از انسان‌های اولیه راکشف کرده بود که با توجه به نام محل کشف آن‌ها در کنار رود سولو در نگاندونگ، انسان‌های سولو (Solo People) نامیده شدند. یافته‌های کونیگزوالد، اگر یک اشتباه تاکتیکی در کار گروه پیش نمی‌آمد می‌توانستند از این نیز جالب‌تر شوند. او به اهالی محل گفته بود به هر کس که تکه استخوانی از یک انسان اولیه پیدا کند و تحویل دهد مبلغی معادل ۱۰ سنت خواهد پرداخت، اما بعدها با کمال تعجب متوجه شد اهالی محل استخوان‌ها را تکه‌تکه می‌کنند و تحویل می‌دهند تا درآمدشان افزایش پیدا کند.

در سال‌های بعد و همزمان با یافت شدن و شناسایی استخوان‌های بیشتر، انبوهی از نام‌های جدید مطرح شدند ــ هومو اوریگناسنسیس، آوسترالوپیتکوس ترانسوالنسیس، پارانتروپوس کراسیدنس، زینجانتروپوس بوئاسی، و ده‌ها نام دیگر که تقریباً جملگی شامل یک نوع جنس جدید و یک گونهٔ جدید بودند. تعداد انواع انسان‌وارهای نام‌گذاری شده تا دههٔ ۱۹۵۰ به بیش از صد مورد رسیده بود. آنچه بر این آشفتگی می‌افزود این بود که تک‌تک برگ‌های مشخصات، غالباً پس از

پالایش، بازسازی و مشاجرات بین دیرین انسان‌شناسان با انواع نام‌های گوناگون بین ایشان توزیع می‌شدند. مثلاً انسان‌های سولو با نام‌های گوناگونی چون هومو سولونسیس، هومو پریمیجنیوس، هومو نئاندرتانسیس سولونسیس، هومو ساپینس سولونسیس، هومو ارکتوس ارکتوس، و سرانجام هومو ارکتوس شناخته می‌شدند.

ف. کلارک هاول از دانشگاه شیکاگو با پیروی از پیشنهادهای ارنست مایر و دیگران در دههٔ پیش و در تلاش برای ایجاد نظمی مختصر، پیشنهاد کرد که تعداد گونه‌ها فقط به دو مورد ــ آوسترالوپیتکوس و هومو ــ کاهش داده شود و بسیاری از گونه‌ها حذف شوند. انسان جاوه و انسان پکن نیز هر دو به هومو ارکتوس تبدیل شدند. چند سالی، نظم در دنیای انسان‌وارها برقرار شد.* اما دوام نیاورد.

پس از گذشت یک دههٔ همراه با آرامش نسبی، علم دیرین انسان‌شناسی وارد دورهٔ دیگری از کشف‌های پرشتاب و پربازده شد. که هنوز به پایان نرسیده است. هومو هابیلیس (*Homo habilis*) که بعضی‌ها آن را حلقهٔ گم‌شدهٔ بین بوزینه‌ها و انسان‌ها می‌پندارند اما برخی دیگر آن را به هیچ وجه یک گونهٔ مجزا به شمار نمی‌آورند، در دههٔ ۱۹۶۰ کشف شد. سپس هومو ارگاسترلویسلئاکیه، هومو رودلفنسیس، هومو میکروکرانوس، و هومو آنتسسور، و دنیایی از آوسترالو پیتسین‌ها کشف شدند: آ. آفارنسیس، آ. پرایگنس، آ. رامیدوس، آ. واکری، آ. آنمنسیس، و بسیاری دیگر. بر روی هم نزدیک به بیست نوع انسان در منابع مکتوب امروز شناسایی و به رسمیت شناخته شده‌اند. متأسفانه، هیچ دو کارشناس را نمی‌توان یافت که هر بیست نوع مذکور را به رسمیت بشناسند.

برخی از کارشناسان، دو جنس آدم پیشنهادی توسط هاول در سال ۱۹۶۰

---

* انسان‌ها در تیرهٔ انسان‌وارها (Hominidae) گنجانده شده‌اند. اعضای این تیره که سنتاً انسان‌وار نامیده می‌شوند، شامل هر موجود زنده‌ای (از جمله موجودات انقراض یافته‌ای) می‌شوند که بیش از هر یک از شامپانزه‌های باقی‌مانده به ما شباهت دارند. ضمناً بوزینه‌ها در یک تیرهٔ دیگر به نام میمون‌های آدم‌نما (Pongidae) طبقه‌بندی شده‌اند. بسیاری از دانشمندان معتقدند که شامپانزه‌ها، گوریل‌ها، و اورانگوتان‌ها نیز باید در این تیره گنجانده شوند و انسان‌ها و شامپانزه‌ها در یک زیرتیرهٔ مجزا به نام انسان‌های واقعی (Hominiae) قرار گیرند. حاصل آنکه موجودات زنده‌ای که سنتاً انسان‌وار (hominids) نام گرفته‌اند، با این طبقه‌بندی، به انسان‌های واقعی تبدیل می‌شوند. لیکی (Leakey) و دیگران بر آن نام‌گذاری اصرار می‌ورزیدند. انسان‌ریخت‌ها (Hominoidea) نام ابرتیرهٔ بوزینه‌ها است، که شامل ما نیز می‌شود.

را همچنان رعایت می‌کنند اما برخی دیگر چندتایی از آوسترالوپیتسین‌ها را در جنس جداگانه‌ای به نام پارانتروپوس (*Paranthropus*) قرار می‌دهند و عده‌ای نیز یک گروه قدیمی‌تر را بر آن می‌افزایند که آردیپیتکوس (*Ardipithecus*) نامیده می‌شود. هیچ مقام رسمی برای صدور رأی نهایی در این موارد وجود ندارد. تنها راه برای پذیرفته شدن هر نامی وجود اتفاق نظر است که آن هم بسیار کم یافت می‌شود.

شگفت اینکه بخش بزرگی از مسأله به کمبود مدرک مربوط می‌شود. از آغاز زمان، چندین میلیارد انسان (یا انسان نما) در کرهٔ زمین زیسته‌اند، و هر یک ذره‌ای بر تغییرپذیری ژنتیکی کل نژاد انسان افزوده‌اند. از دل این رقم بزرگ، کل شناخت دورهٔ پیش‌تاریخی انسان بر بقایای غالباً بی نهایت پراکندهٔ به دست آمده از حدود پنج هزار نفر استوار گردیده است. یان تترستال، رییس ریش‌دار و دوست داشتنی بخش انسان‌شناسی در موزهٔ تاریخ طبیعی نیویورک، وقتی دربارهٔ حجم آرشیو جهانی انسان‌ریخت‌ها و استخوان‌های انسان‌های اولیه از او پرسیدم چنین پاسخ داد: «کل این مدارک را در صورتی که درهم حمل کردن آن‌ها برایتان اهمیت نداشته باشد می‌توانید پشت یک وانت بار بریزید و حمل کنید.»

اگر استخوان‌های یافت شده تا این تاریخ به طور یکنواخت در زمان و مکان توزیع می‌شدند، که البته چنین نیست، کمبود آن‌ها خیلی شدید نمی‌بود. آن‌ها به‌طور تصادفی و غالباً به شکلی بسیار هوس‌انگیز خودنمایی می‌کنند. هومو ارکتوس نزدیک به یک میلیون سال به حالت قائم در سطح زمین راه می‌رفته و در منطقه‌ای به وسعت لبهٔ شمالگانی اروپا تا مرز کشور چین در اقیانوس آرام می‌زیسته است، با این حال اگر هر فرد هومو ارکتوسی را که بتوان تضمینی برای زنده ماندنش داد از نو زنده کنید، تعدادشان آنقدر نیست که بتوانند یک اتوبوس معمولی را پر کنند. هومو هابیلیس، از تعداد به‌مراتب کمتری تشکیل می‌شود: فقط دو اسکلت نیمه‌کاره و چند استخوان پراکندهٔ دست و پا. بدون تردید، چیزی به کم‌عمری تمدن انسان، به هیچ‌وجه از روی بایگانی فسیلی برجا مانده از آن قابل شناسایی نیست.

تترستال به عنوان مثال می‌گوید: «در اروپا جمجمه‌های انسان‌وارها از حدود ۱/۷ میلیون سال پیش به دست آمده است، اما تا پیدایش بقایای بعدی در اسپانیا یعنی درست در آن سوی این قاره، شکافی تقریباً یک میلیون ساله پیش می‌آید و تا یافت شدن هومو هایدلبرگنسیس در آلمان یک شکاف دیگر به طول

۳۰۰,۰۰۰ سال پیش می‌آید ــ البته هیچ یک از آن‌ها شباهت چندانی به یافته‌های دیگر ندارند.» خنده‌کنان می‌گوید: «بر اساس همین انواع قطعات پراکنده است که دانشمندان می‌کوشند تاریخچه‌های گونه‌های کامل موجودات زنده را ترسیم کنند. یک برگ سفارش بسیار بلند بالا است. اطلاعات ما دربارهٔ روابط بین بسیاری از گونه‌های باستانی ــ که به پیدایش ما انجامیدند و حکم بن‌بست‌های تکامل را پیدا کردند ــ حقیقتاً بسیار اندک است. برخی از آن‌ها احتمالاً ارزش این را ندارند که اصولاً گونه‌ای مجزا درنظر گرفته شوند.»

همین پراکندگی و تصادفی بودن یافته‌ها است که باعث می‌شود هر کشف جدید چیزی ناگهانی و متمایز از تمامی دیگر کشف‌ها به نظر برسد. اگر ده‌ها هزار اسکلت با فواصل زمانی منظم در بایگانی تاریخی در اختیار می‌داشتیم، احتمالاً تعداد نقاط تیره یا سایه‌دار به طرز قابل توجهی افزایش پیدا می‌کرد. گونه‌های جدید و کامل، آن‌چنان که از بایگانی فسیلی استنباط می‌شود، نه در یک آن بلکه به طور تدریجی و از دل دیگر گونه‌های موجود پدید می‌آیند. هرقدر بیشتر به عقب برگردید و به نقطهٔ انحراف نزدیک‌تر شوید، تشابهات به همان اندازه به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند به طوری که تشخیص دادن یک هومو ارکتوس متأخر از یک هومو ساپینس آغازین بی‌نهایت دشوار و گاهی غیرممکن می‌شود زیرا احتمال می‌رود هم به هردوی آن‌ها تعلق داشته باشد هم به هیچ کدام تعلق نداشته باشد. اختلاف نظرهایی مشابه این، غالباً در مورد مسایل مربوط به مشخصات بقایای تکه‌تکه ــ مثلاً تعیین اینکه فلان استخوان خاص به یک آوسترالوپیتکوس بوئاسی تعلق دارد یا به یک هومو هابیلیس ــ پیش می‌آید.

دانشمندان با در اختیار داشتن اطلاعاتی چنین اندک و فاقد قطعیت، غالباً مجبورند از روی دیگر اشیای یافت شده در همان نزدیکی‌ها به مفروضاتی متوسل شوند، و این مفروضات نیز غالباً از حدود حدسیات دلیرانه فراتر نمی‌روند. همچنان که الن واکر و پت شیپمن با لحنی خشک گفته‌اند اگر بین کشف ابزارها و گونه‌های موجودات زنده‌ای که غالباً در همان نزدیکی‌ها یافت می‌شوند ارتباط برقرار سازید مجبورید چنین نتیجه‌گیری کنید که ابزارهای دستی کهن در اغلب موارد توسط آهوها ساخته شده‌اند.

شاید هیچ چیزی بهتر از مجموعهٔ تناقض‌های پراکنده‌ای که هومو هابیلیس را

تشکیل می‌دهند نتواند آشفتگی مذکور را مجسم سازد. به زبان ساده، استخوان‌های هابیلیس، هیچ معنی و مفهومی ندارند. وقتی به ترتیب کنار هم چیده می‌شوند، نرها و ماده‌ها را با درصدهای متفاوت و در جهات مختلف به نمایش در می‌آورند ـ با گذشت زمان، شباهت نرها به بوزینه کمتر و به انسان بیشتر می‌شود، در حالی که ماده‌های متعلق به همان دوره از انسان بودن فاصله می‌گیرند و به سوی تبدیل شدن به بوزینه‌های بزرگتر به پیش می‌روند. برخی از دانشمندان معتقدند که هابیلیس اصولاً طبقه یا گروه معتبری نیست. ترستال و همکارش جفری شوارتس آن را به عنوان یک «گونهٔ در خور سطل آشغال» ـ گونه‌ای که فسیل‌های نامرتبط را «می‌توان به راحتی در آن ریخت» ـ کنار می‌گذارند. حتی دانشمندانی که هابیلیس را همچون گونه‌ای مستقل به شمار می‌آورند با تعلق داشتن آن به جنس انسان یا شاخه‌ای فرعی که به هیچ نتیجه‌ای نیانجامیده موافق نیستند.

سرانجام و شاید مهم‌تر از همه آنکه طبیعت انسانی نیز در این میان یک عامل است. دانشمندان، به طور طبیعی مایلند یافته‌های خود را طوری تفسیر کنند که بیش از هر طریق دیگری به تمجید و ستایش از توانمندی آن می‌انجامد. کمتر می‌توان یک دیرین‌شناس را پیدا کرد که گفته باشد یک انبار پر از استخوان پیدا کرده است اما از نوع کشفیاتی نیستند که بتوان از دیدن‌شان هیجان‌زده شد. یا همچنان که جان ریدر با ظرافت تمام در کتاب حلقه‌های گم‌شده (*Missing Links*) می‌گوید: «نکتهٔ قابل توجه آن است که بدانیم نخستین تفسیرهای مدارک یافت‌شدهٔ جدید چندبار پیش پنداشت‌های کاشف خود را تأیید کرده‌اند.»

البته آنچه گفته شد به قدر کافی جای بحث و گفتگو دارد، و هیچ کسی بیش از دیرین انسان‌شناسان مایل به بحث و استدلال کردن نیست. نویسندگان کتاب جدید انسان جاوه (*Java Man*) ـ کتابی که می‌توان گفت عبارات طولانی و ناخودآگاهانهٔ بسیاری را صرف حمله به نارسایی‌های دیگران بویژه همکار صمیمی پیشین نویسنده یعنی دانلد جانسن کرده است ـ چنین می‌گویند: «و از میان تمام رشته‌های علم، دیرین انسان‌شناسی احتمالاً به داشتن بزرگ‌ترین سهم در خودپرستی می‌بالد.» به یک نمونهٔ کوچک توجه کنید:

> او (جانسن) در طی سال‌ها همکاری با من در مؤسسه، شهرتی درخور و گرچه پشیمانی‌آور در زمینهٔ حمله‌های شفاهی غیرقابل پیش‌بینی و دارای دسی‌بل بالا

> به هم زد که گاهی با پرت کردن کتاب‌ها یا هر چیز دم‌دست به این طرف و آن طرف همراه می‌شد.

بنابراین با توجه به اینکه چیزی نیست که بتوان دربارهٔ دورهٔ پیش‌تاریخی انسان به زبان آورد که با مخالفت کسی در جایی مواجه نشود، جز آنکه بگوییم به احتمال قریب به یقین چنین دوره‌ای را داشته‌ایم، آنچه تصور می‌کنیم دربارهٔ خودمان و اینکه کیستیم و از کجا آمده‌ایم می‌دانیم، اجمالاً چنین است:

ما به عنوان موجوداتی زنده در ۹۹/۹۹۹۹۹ درصد از دورهٔ پیشتاریخی خودمان با شامپانزه‌ها دارای یک نیای مشترک بودیم. در مورد دورهٔ پیش‌تاریخی شامپانزه‌ها عملاً هیچ چیزی معلوم نیست، اما هر آنچه آن‌ها بودند ما نیز همان بودیم. آنگاه در حدود هفت میلیون سال پیش حادثه‌ای عظیم رخ داد. گروهی از موجودات جدید از دل جنگل‌های گرمسیری افریقا خارج شدند و کم‌کم در علف‌زارهای باز استوایی (ساواناها) به راه افتادند.

این موجودات همان آوسترالوپیتسین‌ها بودند، و در طی پنج میلیون سال بعدی به گونهٔ غالب انسان‌وارها در جهان تبدیل شدند. (واژهٔ *Austral* از ریشهٔ لاتینی به معنی «جنوبی» است و در این مورد هیچ ربطی به استرالیا ندارد.) آوسترالوپیتسین‌ها انواع گوناگون پیدا کردند، برخی باریک ولاغر بودند مانند کودک تاونگ از یافته‌های ریمند دارت، برخی نیز خوش‌بنیه و تنومند، اما جملگی می‌توانستند به حالت عمودی راه بروند. برخی از این گونه‌ها تا بیش از یک میلیون سال و برخی نیز فقط چند صد هزار سال دوام آوردند، ولی لازم به یادآوری است که حتی ناموفق‌ترین گونه‌ها تاریخچه‌ای چند برابر تاریخچهٔ کنونی انسان داشتند.

معروف‌ترین بقایای انسان‌وارها در جهان، بقایای ۳/۱۸ میلیون سالهٔ آوسترالوپیتسینی است که در سال ۱۹۷۴ در منطقهٔ هادار کشور اتیوپی توسط گروه تحت رهبری دانلد جانسن کشف شد. این اسکلت که رسماً با عنوان A.L. (از حروف اول Afar Locality به معنی منطقهٔ دورافتاده) 288-1 شناخته می‌شد بعدها به تقلید از ترانه‌ای که گروه بیتل‌ها با عنوان «لوسی در آسمان با الماس‌ها» خوانده بودند، Lucy نامیده شد. جانسن هیچ‌گاه در اهمیت اسکلت این خانم

تردید نکرده است. او می‌گفت: «او کهن‌ترین نیای ما و حلقهٔ گم‌شده بین میمون آدم‌نما و انسان است.»

لوسی جثه‌ای کوچک داشت ـ قدش فقط سه و نیم فوت بود. می‌توانسته است راه برود، اما در مورد چگونگی‌اش کمی جای حرف است. ظاهراً کوهنوردی ماهر نیز بوده است. خیلی چیزهای دیگر در مورد او ناشناخته مانده است. جمجمهٔ لوسی تقریباً به طور کامل وجود نداشت، به همین دلیل نمی‌توان چیزی با اطمینان دربارهٔ اندازهٔ مغزش گفت، اما تکه‌های به دست آمدهٔ آن از کوچکی جمجمه‌اش حکایت دارد. در بیشتر کتاب‌ها اسکلت لوسی به صورت ۴۰ درصد کامل توصیف شده است اما در برخی کتاب‌ها این رقم را به ۵۰ درصد رسانده‌اند، و در کتابی که از سوی موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا منتشر شد دوسوم اسکلت لوسی را سالم اعلام کرده‌اند. در مجموعهٔ تلویزیونی انسان بوزینه‌نما که از شبکهٔ بی‌بی‌سی پخش شد، آن را عملاً «یک اسکلت کامل» نامیدند در حالی که آنچه نشان داده می‌شد به هیچ وجه کامل نبود.

بدن انسان دارای ۲۰۶ قطعه استخوان است، اما بسیاری از این استخوان‌ها تکراری هستند. اگر استخوان ران چپ یک بدن نمونه را در اختیار داشته باشید برای اطلاع از ابعاد استخوان ران راست نیازی به خود این استخوان ندارید. اگر تمام استخوان‌های زاید را از بدن خارج کنید جمع استخوان‌های باقی مانده به ۱۲۰ استخوان می‌رسد ـ که یک نیم‌اسکلت نامیده می‌شود. حتی با این استاندارد نسبتاً انعطاف‌پذیر، و حتی با احتساب کوچکترین تکه به عنوان یک استخوان کامل، لوسی فقط ۲۸ درصد یک نیم‌اسکلت (و فقط در حدود ۲۰ درصد اسکلت کامل) را داشت.

الن واکر در کتاب حکمت استخوان‌ها شرح می‌دهد که چگونه یکبار از جانسن پرسید از کجا به رقم ۴۰ درصد رسیده است. جانسن شادمانه پاسخ داد که ۱۰۶ استخوان دست‌ها و پاها را نادیده گرفته بوده است ـ که از یک دوم کل استخوان‌ها، آن هم یک دوم نسبتاً مهم استخوان بدن بیشتر است، زیرا تنها خصوصیت تعیین‌کنندهٔ لوسی استفاده از همان دست‌ها و پاها برای زندگی در دنیای دستخوش تغییر بود. به هر حال، آنچه دربارهٔ لوسی می‌دانیم در مقایسه با آنچه تصور می‌شود، تا حدودی کمتر است. حتی عملاً بر کسی اثبات نشده است که

او دختر بوده باشد. مؤنث بودنش فقط از کوچکی ابعاد بدنش استنباط می‌شود.

دو سال پس از کشف لوسی، ماری لیکی از کشور تانزانیا، رد پای بر جای مانده از دو نفر را که ــ تصور می‌رود ــ به همان تیرهٔ انسان‌وارها تعلق داشته باشند، در لایتولی پیدا کرد. این رد پاها زمانی بر زمین نقش بسته بودند که دو آوسترالوپیتسین پس از فوران یک آتشفشان از میان خاکستر گل‌آلود عبور کرده بودند. خاکستر بعدها سخت شد و نقش پاهای آن دو را در مسافتی به طول ۲۳ متر در خود نگهداشت.

در موزهٔ تاریخ طبیعی آمریکا در نیویورک، صحنهٔ طبیعی عبور آن دو از میان خاکستر آتشفشانی بازسازی شده است. در این صحنه، یک زن و یک مرد بازسازی شده به ابعاد طبیعی و در حالی که دوشادوش یکدیگر از آن دشت افریقای باستان عبور می‌کنند، نشان داده شده‌اند. آن‌ها بدنی پرمو دارند و قد و قامت‌شان به قد و قامت شامپانزه‌ها شباهت دارد، اما رفتار و حالت‌شان از انسان بودن‌شان حکایت دارد. برجسته‌ترین خصوصیت این صحنهٔ بازسازی شده آن است که مرد، دست چپش را به نشانهٔ حمایت از زن بر شانهٔ او گذاشته است. حالتی لطیف و دلنشین حاکی از وجود رابطه‌ای صمیمانه به نمایش درآمده است.

این منظره با چنان اعتقاد محکمی بازسازی شده است که به سادگی می‌توان از کشیده شدن به دنبال فرض تخیلی بودن تمام اجزای غیر از رد پای آن دو گذشت. تقریباً تمام جنبه‌های بیرونی آن دو ــ درجهٔ پوشیدگی بدن‌شان از مو، زایده‌های چهره (بینی مشابه بینی انسان یا شامپانزه)، حالت‌های چهره، رنگ پوست، بزرگی و شکل پستان‌های زن ــ الزاماً فرضی هستند. حتی نمی‌توان گفت که آن دو با هم رابطهٔ زن و شوهری داشته‌اند. پیکرهٔ مجسم‌کنندهٔ زن، ممکن است عملاً یک کودک بوده باشد همچنین نمی‌توان با اطمینان گفت آن‌ها آوسترالوپیتسین بوده‌اند. به این علت فرض را بر آوسترالوپیتسن بودن آن‌ها گذاشته‌اند که هیچ جانشین یا نامزد شناخته شدهٔ دیگری وجود ندارد.

گفته‌اند آن‌ها به این جهت با چنین حالتی مجسم شده‌اند که زن در جریان ساخت صحنهٔ طبیعی دایماً واژگون می‌شد، اما تترستال خنده‌کنان اصرار

می‌ورزد که چنین نبوده است. مسلماً کسی نمی‌داند که مرد دستش را به همین ترتیب بر شانهٔ زن گذاشته بود یا نه، اما پس از اندازه‌گیری بین گام‌های آن دو بر ما ثابت شد که شانه به شانهٔ هم و نزدیک به یکدیگر راه می‌رفته‌اند ـ آنقدر نزدیک که بدن‌شان با یکدیگر تماس پیدا می‌کرد. به همین دلیل کوشیدیم که چهرهٔ هر دو را قدری نگران مجسم کنیم.»

از او در مورد مشکلاتی که احتمالاً از آزادی عمل در بازسازی پیکره‌ها برایش پیش آمده بود پرسیدم. بلافاصله و با لحنی موافقت‌آمیز گفت: «بازسازی پیکره‌ها و صحنه‌های طبیعی همیشه مشکلاتی دارد. هیچ‌کس تصوری از بحث‌های انجام شده برای تصمیم‌گیری در مورد ابرو داشتن یا نداشتن نئاندرتال‌ها ندارد. در مورد پیکره‌های لایتولی نیز وضع به همین منوال بود. تردیدی نیست که ما نمی‌توانیم از جزییات ظاهری آن‌ها اطلاعی داشته باشیم اما می‌توانیم احساس اندازه و حالت آن‌ها را به بیننده منتقل کنیم و فرضیاتی را دربارهٔ شکل ظاهر احتمالی آن‌ها مبنای کار خود قرار دهیم. اگر قرار می‌شد یک بار دیگر آن کار را انجام دهم، به گمانم آن‌ها را با شباهتی بیشتر به بوزینه‌ها و شباهتی کمتر به انسان می‌ساختم. این موجودات زنده انسان نبودند بلکه انسان نماهایی دوپا بودند.

تا همین اواخر چنین فرض می‌کردند که انسان امروزی از اعقاب پیکره‌های لوسی و پیکره‌های لایتولی باشد، اما امروزه بسیاری از دانشمندان در این مورد ابراز تردید می‌کنند. گرچه برخی از اجزای بدن (مانند دندان‌ها) وجود نوعی ارتباط بین آن‌ها و ما را به بیننده القا می‌کنند، سایر بخش‌های کالبدشناسی آوسترالوپیتیسن از این نیز دشوارتر است. ترستال و شوارتس در کتاب مشترکشان به نام انسان‌های انقراض یافته (*Extinct Humans*) متذکر می‌شوند که بخش بالایی استخوان ران انسان بیشتر به استخوان ران میمون‌های آدم‌نما شباهت دارد تا به آوسترالوپیتسین‌ها؛ بدین ترتیب اگر لوسی در خطی مستقیم بین میمون‌های آدم‌نما و انسان‌های امروز قرار داشته باشد بدین معنی خواهد بود که ما از یک میلیون و اندی سال پیش به این طرف استخوان آوسترالوپیتسین را به بدن خویش پذیرفته‌ایم و سپس به هنگام پیش رفتن به سوی مرحلهٔ بعدی تکامل‌مان به استفاده از استخوان ران میمون آدم‌نما بازگشته‌ایم. آن‌ها عملاً معتقدند که نه فقط لوسی جدّ ما نبود بلکه چندان خوب هم راه نمی‌رفته است.

تترستال اصرارکنان می‌گوید: «لوسی و موجودات نوع او به هیچ وجه مانند انسان امروزی راه نمی‌رفته‌اند. این انسان‌وارها فقط زمانی متوجه راه رفتن روی دو پا می‌شده‌اند که مجبور می‌شدند فاصلهٔ بین زیستبوم درختی تا زیستبوم دیگر را پیاده بپیمایند و به دلیل وضعیت کالبدشناختی خاص خودشان مجبور می‌شدند چنین کنند. جانسن با این نظر موافق نیست. او می‌نویسد: «لمبرهای لوسی و شکل عضلانی لگن خاصره‌اش بالارفتن از درخت را همچنان که برای انسان امروزی دشوار است برای او نیز دشوار می‌ساخته است.»

در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ نیز که چهار نمونهٔ استثنایی و جدید دیگر کشف شدند اوضاع از آنچه بود گنگ‌تر شد. یکی از آن‌ها که به وسیلهٔ میو لیکی از خانوادهٔ معروف به شکارگران فسیل در لیک تورکانا در کنیا کشف شده بود و کنیانتروپوس پلاتیوپس (*Kenyanthropus platyops*) نامیده می‌شد (به معنی «پهن‌چهرهٔ کنیایی») تقریباً با پیکرهٔ لوسی همزمان است و این امکان را مطرح می‌سازد که نیای انسان بوده باشد و لوسی نیز از شاخه‌های فرعی و بی‌فرجام آن بوده است. دو پیکرهٔ دیگر نیز در سال ۲۰۰۱ یافت شدند که عبارت بودند از آردیپیتکوس رامیدوس کادابا (*Ardipithecus ramidus kadabba*) متعلق به ۵/۲ میلیون سال پیش و دیگری اورورین توگنسیس (*Orrorin tugenensis*) احتمالاً متعلق به ۶ میلیون سال پیش، که کهن‌ترین انسان‌وار یافت شده تا این تاریخ به شمار می‌رفت ـ ولی فقط تا مدتی کوتاه. در تابستان سال ۲۰۰۲ یک گروه فرانسوی در صحرای جوراب (Djurab Desert) از کشور چاد مشغول حفاری و تحقیق بود که یک انسان‌وار با قدمت تقریبی ۷ میلیون سال کشف کرد. سابقاً هیچ‌گونه استخوان باستانی در این منطقه کشف نشده بود. اعضای گروه، این انسان‌وار را ساحلانتروپوس چادنسیس (*Sahelanthropus tchadensis*) نامیدند. برخی از منتقدان می‌گویند آنچه یافت شد نه یک انسان بلکه یک میمون آدم‌نمای آغازین بود و به همین دلیل باید ساحلپیتکوس (*sahelpithecus*) نامیده شود. تمامی این انسان‌وارها موجوداتی بسیار ابتدایی بودند ولی به حالت قائم راه می‌رفتند و راه رفتن‌شان را نیز خیلی زودتر از آنچه تصور می‌شد آغاز کرده بودند.

راه رفتن روی دوپا کاری دشوار و پرمخاطره است. این کار بدان معنی است که ما لگن خاصرهٔ خودمان را به ابزاری تماماً باربر تبدیل کنیم. برای حفظ

مقاومت لازم، مجرای زایمان باید نسبتاً باریک شود. این تغییر دارای دو نتیجهٔ مهم کوتاه مدت و یک نتیجهٔ بلند مدت است. نخست آنکه زایمان را برای مادر با درد فراوان همراه می‌سازد و موجب افزایش خطر مرگ برای مادر و نوزاد می‌شود. گذشته از این برای آنکه کودک سرش در مجرای جنین باریک وارد شود باید زمانی متولد شود که سرش هنوز کوچک ــ و نتیجتاً خودش هنوز ناتوان ــ است. این به معنی لزوم مراقبت دراز مدت از کودک و به نوبهٔ خود برقراری پیوندی محکم بین جنس نر و ماده است.

وقتی ما انسان‌ها به فرمانروایان اندیشمند این سیاره تبدیل شده باشیم، کل این ماجرا مشکل آفرین می‌شود اما وقتی یک آوسترالوپتسین کوچک و آسیب‌پذیر باشیم و اندازهٔ سرمان از اندازهٔ یک پرتقال تجاوز نکند،* می‌توان احتمال داد که خطر بی حدو حصر بوده است.

بنابراین چرا لوسی و همتایانش از درخت پایین آمدند و جنگل را ترک گفتند؟ احتمالاً راه دیگری نداشتند. بالا آمدن تدریجی برزخ پاناما موجب قطع جریان آب از اقیانوس آرام به اقیانوس اطلس شده و جریان‌های آب گرم را از شمالگان منحرف ساخته و موجب آغاز یک عصر یخ بی‌نهایت سنگین در عرض‌های جغرافیایی بالاتر شده بود. در افریقا یک چنین تغییری موجب خشک شدن و سرد شدن فصلی آب و هوا شد و جنگل‌ها را به علف‌زارهایی استوایی (ساوانا) تبدیل کرد. جان گریبین می‌نویسد: «وضع چنان نبود که بگویم لوسی و همتایانش جنگل‌ها را ترک گفتند بلکه طوری بود که جنگل‌ها ایشان را ترک گفتند.»

اما خارج شدن از جنگل و گام نهادن در علف‌زارها (ساونا) نیز انسان‌وارهای اولیه را بیش از پیش در معرض خطر قرار داد. انسان‌وار عمود بر زمین به هنگام راه رفتن، می‌توانست اطرافش را بهتر ببیند و در همان حال بهتر

---

* دانستن اندازهٔ مطلق مغز همه چیز ــ یا گاهی احتمالاً خیلی چیزها ــ را به ما نمی‌گوید. فیل‌ها و وال‌ها هردو مغزی بزرگ‌تر از مغز انسان دارند اما اگر انسان با این جانوران وارد مذاکرات قراردادی شود بدون هیچ مشکلی بر آن‌ها غالب می‌شود. آنچه اهمیت پیدا می‌کند ابعاد نسبی است، و این نیز نکته‌ای است که غالباً از نظر پنهان می‌ماند. به گفتهٔ گولد، حجم مغز انسان آفریکانوس فقط ۴۵۰ سانتی‌متر مکعب و از مغز گوریل کوچکتر بود. اما وزن یک آفریکانوس نر متوسط از ۱۰۰ پاوند کمتر بود و وزن مادهٔ آن هم به این رقم نمی‌رسید، در حالی که وزن گوریل‌ها خیلی ساده به ۶۰۰ پاوند می‌رسد (Gould pp. 181-183).

دیده شود. ما حتی امروز به عنوان یک گونهٔ زنده، وقتی در طبیعت قرار می‌گیریم آسیب‌پذیر هستیم. تقریباً هر جانور بزرگ‌جثه‌ای را که نام ببرید از ما قوی‌تر و تندروتر است و دندان‌هایی تیزتر دارد. انسان امروزی در مواجهه با خطر فقط دو امتیاز دارد. ما مغزی قوی داریم که به کمک آن می‌توانیم برای هر مسأله‌ای چاره‌اندیشی کنیم، و دستانی داریم که با استفاده از آن‌ها می‌توانیم هر چیز خطرناک یا آسیب‌رسان را به جایی دورتر پرتاب کنیم یا به چرخش درآوریم. ما تنها موجود زنده‌ای هستیم که می‌تواند از دور آسیب برساند و خطر ایجاد کند. بدین ترتیب، می‌توانیم از عهدهٔ جبران آسیب‌پذیری جسمانی خودمان برآییم.

چنین به نظر می‌رسد که تمام عناصر طبیعت دست اندرکار شده‌اند تا مغزی توانا به سرعت در وجود انسان تکامل یابد، اما همین نیز ظاهراً تحقق نیافته است. در بیش از سه میلیون سال، لوسی و آوسترالوپتسین‌های همگونه‌اش کوچکترین تغییری به خود ندیده‌اند. مغز آن‌ها رشد نکرد و هیچ نشانه‌ای در دست نیست که نشان دهد حتی آن‌ها از ساده‌ترین ابزارها استفاده کرده باشند. شگفت‌آورتر این که ما امروز می‌دانیم که آن‌ها نزدیک به یک میلیون سال در کنار انسان‌وارهای اولیه‌ای زندگی کردند که از انواع ابزار استفاده می‌کردند اما آوسترالوپتسین‌ها هیچ‌گاه از این فناوری مفید که به سادگی در دسترس آن‌ها بوده استفاده نکردند.

در نقطه‌ای بین سه میلیون تا دو میلیون سال پیش از این، به نظر می‌رسد که چیزی در حدود شش نوع انسان‌وار در افریقا همزیستی داشته‌اند. اما سرنوشت چنان بود که فقط یکی از آن‌ها جان سالم به در ببرد؛ و آن هومو بود که در حدود یک میلیون سال پیش از دل تاریکی‌ها خارج شد. هیچ دانشمندی به درستی نمی‌داند که چه ارتباطی بین آوسترالوپتسین‌ها و هومو برقرار بود، اما آنچه بر ما معلوم شده این است که پیش از آنکه تمام آوسترالوپتسین‌های تناور و بلندقامت به طرزی اسرارآمیز و احتمالاً ناگهانی در یک میلیون سال پیش از این هلاک شوند آن‌ها نزدیک به یک میلیون سال با یکدیگر همزیستی کرده‌اند. هیچ دانشمندی نمی‌داند آن‌ها به چه علتی ناپدید شدند. مت ریدلی می‌گوید: «شاید ما آن‌ها را خوردیم.» در روش سنتی، تیرهٔ هومو از هومو هابیلیس یعنی از موجودی آغاز می‌شود که ما تقریباً هیچ چیزی درباره‌اش نمی‌دانیم، و به ما یعنی هومو

ساپینس (انسان اندیشه‌ورز) ختم می‌گردد. در این بین و بر حسب اینکه شما به کدام عقاید ارزش قایل شوید، نزدیک به شش هومو ساپینس دیگر به نام‌های زیر وجـود داشـته‌انـد: هومو ارگاستر، هومو نئاندرتالنسیس، هومو رودلفونسیس، هومو هایدلبرگنسیس، هومو ارکتوس و هومو آنتسسور.

هومو هابیلیس (انسان دست‌ورز) در سال ۱۹۶۴ توسط لوئیس لیکی و همکارانش نام‌گذاری شد و علت این نام‌گذاری نیز آن بود که این موجود نخستین انسان‌واری بود که از ابزار (هرچند به شکلی بسیار ساده) استفاده می‌کرد. این انسان، موجودی بسیار ابتدایی بود و بیشتر به شامپانزه شباهت داشت تا به انسان، اما وزن مغزش به اندازهٔ ۵۰ درصد (ناخالص) و از لحاظ ابعاد، خیلی زیاد از مغز لوسی بزرگتر بود و به این ترتیب اینشتین زمان خود به شمار می‌رفت. تاکنون هیچ دلیل متقاعدکننده‌ای برای آغاز ناگهانی رشد مغز انسان‌وارها در دو میلیون سال پیش از این مطرح نشده است. سال‌های سال، دانشمندان چنین فرض می‌کردند که ارتباطی مستقیم بین مغز بزرگ و راست راه رفتن وجود دارد ــ بدین معنی که خارج شدن از جنگل مستلزم توسل به روش‌هایی زیرکانه و عجیب بود که از اندیشه‌ورزی و مغزدار بودن کمک می‌گرفت یا آن را تقویت می‌کرد ــ به همین دلیل وقتی پس از کشف مکرر آن همه حماقت‌هایی که از این موجود دوپا سرزده بود معلوم شد که کوچکترین ارتباطی بین آن دو وجود ندارد، دانشمندان شگفت‌زده و غافلگیر شدند.

تترستال می‌گوید: «ما تاکنون به هیچ دلیل متقاعدکننده‌ای در تبیین علت بزرگ شدن مغز انسان دست نیافته‌ایم.» مغز بزرگ، اندامی پرتوقع است: فقط ۲ درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهد اما ۲۰ درصد انرژی آن را به مصرف می‌رساند. همچنین در استفاده از انرژی مذکور به عنوان سوخت نیز به طرزی نسبتاً ایرادگیرانه و گزینشی عمل می‌کند. اگر تا پایان عمرتان یک لقمهٔ چربی‌دار نخورید، مغزتان گله‌گزاری نخواهد کرد چون هیچ‌گاه به سوی این ماده نمی‌رود. در عوض، گلوکز را دوست دارد، آن هم به مقدار خیلی زیاد، حتی اگر به معنی ضایع کردن حق اندام‌های دیگر باشد. همچنان که گای براون متذکر شده است: «بدن در خطر دایمی تهی شدن از انرژی به وسیلهٔ مغزی حریص است، اما نمی‌تواند آن را گرسنه نگهدارد چون چنین کاری سریعاً به مرگ می‌انجامد.» مغز

بزرگ به غذای بیشتر نیاز دارد و خوردن غذای بیش‌تر نیز به معنی تن دادن به خطرهای بیشتر است.

تترستال معتقد است که پیدایش یک مغز بزرگ ممکن است صرفاً یک حادثهٔ تکاملی بوده باشد. او نیز همچون استیفن جی گولد معتقد است که اگر نوار حیات را از نو پخش کنید ـ حتی فقط بخش کوچکی از آن را تا سپیده‌دمان پیدایش انسان‌وارها تماشا کنید ـ احتمال اینکه انسان امروزی یا موجودی مشابه آن در روی کرهٔ زمین ظاهر شود «بسیار بعید» است.

او می‌گوید: «یکی از اندیشه‌هایی که انسان‌ها به سختی می‌پذیرند آن است که می‌گوید ما اوج تکامل هیچ چیزی نیستیم. بخشی از خودخواهی ما به عنوان انسان آن است که معمولاً تکامل را فرآیندی به حساب می‌آوریم که عملاً و برای تولید انسان برنامه‌ریزی شده بوده است. حتی انسان‌شناسان معمولاً تا اواخر دههٔ ۱۹۷۰ چنین تصوری داشتند.» به بیان دقیق‌تر حتی در سال ۱۹۹۱ شخصی چون چ. لورینگ بریس سرسختانه به مفهوم تکامل خطی چسبیده بود و فقط وجود یک بن‌بست تکاملی را به رسمیت می‌شناخت که آن هم آوسترالوپیتسین‌های تنومند بودند. هرچیز دیگری نمایندهٔ یک پیشرفت مستقیم بود ـ هر یک از انسان‌وارها پرچم تکامل را تا فلان نقطه حمل می‌کند و سپس در همان نقطه به گونه یا دونده‌ای جوان‌تر و پرتوان‌تر می‌سپارد. اما اکنون تردیدی نیست که بسیاری از این شکل‌های اولیه وارد مسیرها و کوره‌راه‌هایی شدند که به نتیجه‌ای نرسیده است.

خوشبختانه، در یک مورد به نتیجه رسید ـ گروهی از انسان‌وارهای ابزار به دست، که گویی از دل تاریکی خارج می‌شدند، با هومو هابیلیس در سایه مانده و مورد اختلاف دانشمندان تداخل پیدا کردند. این گروه همان هومو ارکتوس یا گونه‌ای است که در سال ۱۸۹۱ توسط اوژن دوبوئا در جاوه کشف شد. بر حسب اینکه به کدام منبع مراجعه کنیم، گروه مذکور از حدود ۱/۸ میلیون سال پیش تا حدود بیست‌هزار و اندی سال پیش به حیات خود ادامه می‌داده است.

هومو ارکتوس، بر طبق نظر نویسندگان کتاب انسان جاوه، خط تقسیم است: هرآنچه پیش از آن قرار می‌گرفت خصوصیتی میمون‌گونه پیدا می‌کرد؛ و هر آنچه پس از آن می‌آمد انسان‌گونه می‌شد. هومو ارکتوس نخستین انسان‌واری بود که شکار می‌کرد، از آتش استفاده می‌کرد و ابزارهای پیچیده می‌ساخت، و نخستین

موجودی بود که ابزارهای مادی مربوط به زیستگاه‌هایش را برجا می‌گذاشت، و از همنوعان بیمار و ناتوان خود مراقبت می‌کرد. هوموارکتوس در مقایسه با تمام گونه‌های نابود شدهٔ پیش از خود، از لحاظ شکل ظاهر و رفتارش بی‌نهایت انسان‌گونه بود. اعضای آن دست‌ها و پاهایی دراز و قامتی کشیده داشتند، بسیار تنومند بودند (از انسان‌های امروزی قوی‌تر بودند) و از میل درونی و هوش لازم برای گسترش موفقیت‌آمیز خود در مناطق پهناور کرهٔ زمین برخوردار بودند. هومو ارکتوس در نظر انسان‌وارهای دیگر به احتمال قوی موجودی خوف‌انگیز از لحاظ قدرت و سرعت و استعداد بوده است.

ارکتوس به گفته الن واکر از دانشگاه پنسیلوانیا و یکی از دانشمندان بزرگ جهان در این زمینه، «درندهٔ پرشتاب روزگار خویش به شمار می‌رفت.» اگر قرار می‌شد مستقیماً در چشمانش بنگرید، احتمال داشت ظاهراً انسان به نظر برسد اما شما با آن ارتباط برقرار نمی‌کردید، شما شکار می‌شدید.» به گفتهٔ واکر، ارکتوس بدنی همانند بدن یک انسان بزرگسال ولی مغزی چون مغز یک کودک داشت.

با آنکه نزدیک به یک سده از شناخته شدن ارکتوس می‌گذشت این شناخت فقط بر چند تکه استخوان پراکنده استوار بود ــ به قدری اندک که برای ساخت یک اسکلت کامل نیز کفایت نمی‌کرد. به همین دلیل، اهمیت ارکتوس ــ یا دست کم، اهمیت احتمالی آن ــ به عنوان گونهٔ پیشتاز انسان‌های امروزی تا انجام کشفی خارق‌العاده در دههٔ ۱۹۸۰ در قارهٔ افریقا، به‌طور کامل شناخته و درک نشده بود. دره دور افتادهٔ لیک تورکانا (به نام رسمی لیک رودلف) در کشور کنیا، امروز یکی از پربارترین زیستگاه‌های حاوی بقایای انسان‌های اولیه است، اما ده‌ها سال بود که کسی حتی به فکر مشاهدهٔ آنجا یا تحقیق درآنجا نیفتاده بود. این تحول زمانی پیش آمد که هواپیمای ریچارد لیکی به هنگام پرواز بر فراز این دره از مسیرش منحرف شد و او با مشاهدهٔ دره تشخیص داد که آنجا بیش از آنچه تصور می‌کرد امیدوارکننده است. گروهی از متخصصان برای انجام تحقیق به محل اعزام شدند، ولی در آغاز کار به چیزی برنخوردند. سپس در آخرین ساعات یک غروب، کامویا کیمئو معروف‌ترین صیاد فسیل در گروه لیکی، تکهٔ کوچکی از پیشانی یک انسان‌وار را روی تپه‌ای دور افتاده از یک دریاچه پیدا کرد. به نظر نمی‌رسید که بتوان در چنین محلی بقایای چندانی از انسان‌وارها به دست آورد

اما اعضای گروه به دلیل احترامی که به تیزهوشی کیمئو قایل بودند دست به حفاری زدند و با شگفتی تمام به یک اسکلت تقریباً کامل هومو ارکتوس دست یافتند. این اسکلت به پسر بچه‌ای ۹ تا ۱۲ ساله تعلق داشت که ۱/۵۴ میلیون سال پیش از این مرده بود. ترستال می‌گوید این اسکلت دارای یک استخوان‌بندی کاملاً جدید بود، به‌طوری که نمونه‌اش تا آن زمان مشاهده نشده بود پسرک تورکانا «مؤکداً یکی از ما انسان‌های امروزی» بود.

یک پیکرهٔ ماده با مشخصات KNM-ER 1808 متعلق به ۱/۷ میلیون سال پیش نیز در همان لیک تورکانا توسط کیمئو یافت شد و نخستین سرنخ را دال بر اینکه هومو ارکتوس جالب‌تر و پیچیده‌تر از آن است که تا آن زمان تصور می‌شد در اختیار دانشمندان قرار داد. استخوان‌های این زن تغییر شکل یافته و در زیر لایه‌ای از زایده‌های زمخت قرار گرفته بودند که نتیجهٔ یک بیماری عذاب‌آور به نام هیپرویتامینوز A (فزونی ویتامین A) است و فقط بر اثر خوردن جگر یک جانور گوشت‌خوار در انسان ایجاد می‌شود. این کشف پیش از هر چیز نشان داد که هومو ارکتوس گوشت می‌خورده است. حتی شگفت‌آورتر از آن اینکه مقدار برجستگی‌های ایجاد شده در سطح استخوان‌ها نشان داد که آن زن تا چند هفته یا حتی چند ماه پس از ابتلا به این بیماری زنده بوده است. کسی از او مراقبت می‌کرده است. این نخستین مورد از بروز ترحم در تکامل انسان بود.

همچنین معلوم شد که جمجمهٔ هومو ارکتوس، دارای (یا به گفتهٔ برخی از دانشمندان، احتمالاً دارای) منطقه‌ای به نام ناحیهٔ بروکا در ناحیهٔ قدامی مغز بوده است که با تکلم ارتباط پیدا می‌کند. مغز شامپانزه این منطقه را ندارد. الن واکر معتقد است که مجرای نخاعی از ابعاد و پیچیدگی لازم برای میسر ساختن تکلم برخوردار نبوده است، و شامپانزه‌های آن روزی نیز مانند شامپانزه‌های امروزی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کردند. برخی دیگر، به ویژه ریچارد لیکی، معتقدند که آن‌ها می‌توانستند تکلم کنند.

ظاهراً چنین به نظر می‌رسد که هومو ارکتوس تا مدتی تنها گونهٔ انسان‌وار در کرهٔ زمین بود. موجودی از هرجهت ماجراجو بود و با شتابی نفس‌گیر در سراسر جهان پراکنده شد. اگر به معنای دقیق این اصطلاح توجه کنیم، مدارک فسیلی موجود حکایت از آن دارد که برخی از اعضای این گونه، تقریباً همزمان با

خروج از قارهٔ افریقا یا حتی اندکی پیش از آن به جاوه رسیدند. بر این اساس، برخی از دانشمندان خوش‌بین اعلام داشتند که انسان‌های جدید، احتمالاً نه در افریقا بلکه در آسیا به ظهور رسیدند ــ که اگر آن را معجزه‌آسا ندانیم، دست کم تحولی چشم‌گیر است زیرا هیچ یک از گونه‌های احتمالاً پیشتاز تا آن زمان در جایی خارج از قارهٔ افریقا یافت نشده‌اند. انسان‌وارهای آسیایی، همچنان که دیدیم مجبور بودند به طور ناگهانی ظاهر شوند. به هر حال، در صورتی که گونه‌های مذکور از قارهٔ آسیا سرچشمه گرفته و در آنجا آغاز شده باشند، مسألهٔ گسترش و پراکندگی‌شان در جهان به شکل معکوس در می‌آید؛ باز مجبوریم به دنبال علتی برای تبیین گسترش چنان سریع انسان‌های جاوه در قارهٔ افریقا بگردیم.

چندین تبیین جایگزین و ملموس‌تر دیگر برای چگونگی راه‌یابی سریع هومو ارکتوس به آسیا و ظهور بلافاصلهٔ آن در افریقا وجود دارد. نخست آنکه تاریخ‌گذاری بقایای انسان اولیه، با جمع و تفریق بسیار زیاد همراه است. اگر تاریخ واقعی استخوان‌های افریقایی در منتهاالیه بالایی محدودهٔ برآوردهای انجام شده قرار گیرد یا استخوان‌های جاوه در منتهاالیه پایینی قرار گیرد، یا هر دو، در آن صورت زمانی بس طولانی برای راه یافتن به قارهٔ آسیا در اختیار هومو ارکتوس‌های افریقایی خواهد بود. همچنین این امکان کامل نیز وجود دارد که استخوان‌های هومو ارکتوس‌های قدیمی‌تر در آیندهٔ قاره کشف شوند. علاوه بر این، تاریخ‌های تعیین شده برای استخوان‌های جاوه ممکن است تماماً اشتباه باشند.

اما سخنی هم در مورد تردیدها. برخی از دانشمندان معتقد نیستند که استخوان‌های به دست آمده در لیک تورکانا به هومو ارکتوس تعلق داشته باشند. از فضا، گیر کار در اینجا بود که علیرغم پراکندگی ستایش‌انگیز اسکلت‌های تورکانا، تمامی دیگر فسیل‌های هومو ارکتوس تکه‌تکه‌اند. همچنان که تترستال و جفری شوارتس در کتاب انسان‌های انقراض یافته متذکر می‌شوند، بخش بزرگی از اسکلت تورکانا را نمی‌توان با هیچ اسکلت دیگری که پیوندی نزدیک با آن دارد مقایسه کرد زیرا بخش‌های قابل مقایسهٔ آن‌ها شناخته نشده بودند! آن‌ها می‌گویند اسکلت‌های تورکانا هیچ شباهتی به هیچ‌یک از هومو ارکتوس‌های آسیایی ندارند و به استثنای همزمان بودنشان، هیچ‌گاه موجود متعلق به یک گونه تلقی نمی‌شوند. برخی از این دانشمندان اصرار می‌ورزند که نمونه‌های تورکانا (و هر نمونهٔ دیگر

از همان دوره) را هومو ارگاستر بنامند. تترستال وشوارتس نمی‌پذیرند که این موجود بتواند از این دورتر برود. آن‌ها معتقدند موجودی که از افریقا به آسیا راه یافت، به هومو ارکتوس تبدیل شد و سپس منقرض شد، همان «ارگاستر» یا یکی از خویشان منطقاً نزدیک آن بوده است.

آنچه بدون هیچ تردیدی می‌توان به زبان آورد این است که نزدیک به یک میلیون سال پیش از این، موجوداتی نوخاسته، نسبتاً جدید و راست قامت از قارهٔ افریقا بیرون آمدند و جسورانه در بخش بزرگی از کرهٔ زمین پراکنده شدند.

آن‌ها این کار را به احتمال قوی بسیار سریع انجام دادند و هر سال به طور متوسط معادل ۲۵ مایل بر وسعت پیشروی خود افزودند. در این ضمن از کوهستان‌ها، رودها، بیابان‌ها و دیگر موانع طبیعی گذشتند و خود را با آب و هوا و منابع گوناگون غذایی سازگار کردند. یک راز همچنان ناگشوده، چگونگی عبور آن‌ها از غرب دریای سرخ است که حتی امروز به صورت یک منطقه لم‌یزرع و سوزان برجامانده است ولی خشک‌تر از گذشته شده است. از طنزهای باورنکردنی روزگار، یکی هم آن است که شرایطی که آن‌ها را به ترک قارهٔ افریقا واداشت، باعث دشوارتر شدن مهاجرت‌شان گردید. با این حال، آن‌ها توانستند راه‌شان را برای عبور از هر مانعی باز کنند و پس از عبور از آن به زندگی بهتری دست یابند.

و این متأسفانه، همان نقطه‌ای است که تمام توافق‌ها بدان ختم می‌شوند. اینکه چه حوادثی در تاریخ تکامل بعدی انسان رخ داد، موضوعی است که از مدت‌ها پیش مورد بحث و مشاجره بوده است و ما در فصل بعد به آن خواهیم پرداخت.

اما پیش از پرداختن به موضوع یاد شده، لازم به یادآوری است که تمام این جهش‌های تکاملی در طی پنج میلیون سال، از آوسترالوپیتسین دورافتاده وسرگردان گرفته تا انسان سراپا جدید، به پیدایش موجودی انجامید که هنوز هم به اندازهٔ ۹۸/۴ درصد از لحاظ ژنتیکی قابل تشخیص از شامپانزه‌های امروزی نیست. تفاوت بین یک زرافه و اسب یا بین یک دولفین و خوک دریایی، بمراتب از تفاوت بین شما و موجودات پشمالویی که نیاکان دوردست شما به هنگام گام برداشتن برای تسخیر جهان پشت سر گذاشتند بیشتر است.

## ۲۹ آدم‌نمای بی‌قرار

نزدیک به یک‌میلیون و پانصد هزار سال پیش از این، نابغه‌ای فراموش شده از دنیای انسان‌وارها به‌کاری نامنتظره دست زد. این مرد (یا این زن، به احتمال زیاد) تکه سنگی را برداشت و به دست گرفت و با دقت برای تراشیدن و شکل دادن به سنگی دیگر مورد استفاده قرار داد. نتیجهٔ این کار تبری دستی به شکل قطرهٔ اشک بود، اما نخستین ابزار متعلق به فناوری پیشرفتهٔ جهان به شمار می‌رفت.

این ابزار جدید به قدری از ابزارهای موجود برتر بود که به زودی انسان‌های دیگری به پیروی از سرمشق آن نابغهٔ پیشاهنگ روی آوردند و ابزارهایی مخصوص خود ساختند. سرانجام، چندین جامعهٔ کامل شکل گرفتند که ظاهراً کاری جز ابزار سازی انجام نمی‌دادند. یان تترستال می‌گوید: «آن‌ها ابزارهای دستی خود را هزارهزار می‌ساختند. در افریقا نقاطی وجود دارند که کسی نمی‌تواند بر زمین گام بردارد مگر آنکه از روی آن‌ها عبور کند. این خیلی عجیب است چون ساخت ابزارهای مذکور در اینجا بسیار گسترش یافته است. به نظر می‌رسد مردم آن‌ها را فقط برای لذت بردن می‌ساخته‌اند.»

تترستال در اتاق کار آفتاب‌گرفته‌اش به سوی قفسه‌ای رفت و یکی از نمونه‌های ریختگی و معروف این ابزارها را برداشت و به من داد که نزدیک به یک‌ونیم فوت طول و هشت اینچ در پهن‌ترین قسمت‌اش عرض داشت. این ابزار به شکل یک سرنیزه ساخته شده بود ولی اندازه‌اش از ابعاد جای پای انسان بزرگتر نبود. وزن این ابزار که از جنس فایبر گلاس بود از چند اونس تجاوز نمی‌کرد ولی ابزار اصلی که از کشور تانزانیا پیدا شده بود بیست و پنج پاوند وزن

داشت. تترستال می‌گوید: «به عنوان ابزار، به هیچ دردی نمی‌خورد، برای بلند کردنش به نیروی بازوی دو نفر نیاز بود و اگر از زمین کنده می‌شد ضربه زدن با آن به هر چیزی بسیار خسته‌کننده و دشوار بود.»

«پس به چه کاری می‌آمد؟»

تترستال تکانی به خودش داد، به نظر می‌آمد اسرارآمیز بودن این ابزار موجب خوشحالی او است. «نمی‌دانم شاید جنبه‌ای نمادین داشته است ولی ما نمی‌توانیم از حدس و گمان بالاتر برویم.»

این تبرها که از محلی به نام آشول در حومهٔ شهر آمین واقع در شمال فرانسه پیدا شده بودند ابزارهای آشولین نامیده شدند. در این محل بود که نخستین نمونه‌های ابزارهای بشر یافت شدند که با ابزارهای قدیمی و ساده‌تر یعنی ابزارهای اولدووان به دست آمده از اولدووای تانزانیا مغایرت داشتند. ابزارهای اولدووان در کتاب‌های درسی قدیم، غالباً به شکل تکه سنگ‌هایی کُند و گِرد برای در دست گرفتن نشان داده می‌شدند. به بیان دقیق‌تر، امروزه دیرین انسان‌شناسان معتقدند که بخش ابزاری سنگ‌های به دست آمده از اولدووان، تکه‌هایی جدا شده از این سنگ‌های درشت‌تر بودند که در آن زمان می‌شد برای تراش دادن سنگ‌ها به کار گرفت.

اما راز ناگشوده در همین‌جاست. وقتی نخستین انسان‌های جدید ــ همان‌هایی که سرانجام به ما انسان‌های امروزی تبدیل شدند ــ نزدیک به صدهزار سال پیش از این آرام‌آرام به سوی خارج از قارهٔ افریقا راه افتادند، ابزارهای آشولین حکم فناوری برگزیده را داشتند. این هومو ساپین‌های اولیه، ابزارهای آشولین خود را بسیار دوست داشتند. آن‌ها را تا مسافت‌های طولانی با خود می‌بردند. گاهی، حتی سنگ‌های خام و تراش‌نخورده را با خود می‌بردند تا بعدها تبدیل به ابزار کنند. خلاصهٔ کلام آنکه آن‌ها خود را وقف این فناوری کرده بودند. اما علیرغم آنکه ابزارهای آشولین در سراسر افریقا، اروپا و آسیای غربی و مرکزی یافت شده‌اند، اما در خاور دور تقریباً هیچ اثری از آن‌ها به دست نیامده است. این مایهٔ سردرگمی عمیقی می‌شود.

در دهۀ ۱۹۴۰ یک دیرین‌انسان‌شناس به نام هالوم موویوس از دانشگاه هاروارد، خطی به نام خط موویوس روی کرهٔ زمین کشید و بخش دارای ابزارهای

آشولین را از بخش بدون ابزارهای آشولین جدا کرد. این خط در جهت جنوبی از اروپا به خاورمیانه می‌گذرد و به نزدیکی‌های کلکته و بنگلادش امروزی می‌رسد. در آن سوی خط موویوس، یعنی در سراسر آسیای جنوب‌شرقی و اعماق سرزمین چین، فقط ابزارهای قدیمی‌تر و ساده‌تر اولدووان یافت شده‌اند. می‌دانیم که هومو ساپین‌ها از این منطقه بسی فراتر رفتند. بنابراین چرا فناوری پیش‌رفته و گران‌قیمت ابزارهای سنگی را تا مرزهای خاور دور حمل کردند و در آنجا رها کردند؟

الن ثورن استاد دانشگاه ملی استرالیا در کانبرا می‌گوید: مدت‌ها بود که از این وضع سر در نمی‌آوردم. کل انسان‌شناسی معاصر بر محور این اندیشه شکل گرفته بود که انسان‌ها در قالب دو موج از قارهٔ افریقا خارج شدند ــ نخستین موج هومو ساپین‌ها که صورت انسان جاوه و انسان پکن و مانند اینها درآمد، و دومین موج هومو ساپین‌ها که به جای موج نخست را گرفت. با این‌حال، برای پذیرش چنین چیزی مجبورید باور کنید که هومو ساپین‌ها به همراه فناوری پیشرفته‌تر خود تا آنجا رسیدند و پس از آن به هر دلیلی دست از پیشروی برداشتند. خلاصهٔ کلام آنکه من از چنین چیزی نمی‌توانستم سر درآورم.

همچنان که بعدها معلوم شد، هنوز خیلی از نکات دیگر به صورت رازهای ناگشوده باقی مانده بود و یکی از اسرارآمیزترین یافته‌های سراسر جهان از همان بخش جهان به دست آمد که خود الن ثورن در آن به سر می‌برد. اینجا در منطقهٔ دورافتاده‌ای از سرزمین استرالیا قرار داشت. درسال ۱۹۶۸ یک زمین‌شناس به نام جیم باولر دست اندرکار حفاری در بستر دریاچه‌ای خشکیده به نام مانگو در گوشهٔ خشک و دورافتادهٔ نیوساوث ویلز غربی بود که ناگهان چیزی غیرمنتظره توجهش را به خود جلب کرد. چند استخوان انسان از درون یک برآمدگی هلالی شکل ماسه‌ای از نوع معروف به کتیبهٔ هلالی بیرون زده بودند. در آن زمان دانشمندان معتقد بودند که انسان‌ها حداکثر ۸,۰۰۰ سال پیش در استرالیا می‌زیسته‌اند اما دریاچهٔ مانگو ۱۲,۰۰۰ سال پیش خشکیده بود. بنابراین انسان در این نقطهٔ دشمنکام برای زندگی چه می‌کرده است؟

پاسخی که با استفاده از تاریخ‌گذاری به روش کربن به دست آمد، این بود که صاحب استخوان‌های مذکور زمانی در آنجا می‌زیسته که دریاچهٔ مانگو

زیستگاهی مناسب به طول ده‌ها مایل، سرشار از آب و ماهی و در میان جنگل‌های کازوارینا بوده است. با شگفتی تمام معلوم شد که قدمت استخوان‌های مذکور به بیست و سه هزار سال می‌رسد. استخوان‌های دیگری که در همان حوالی یافت شدند، پس از تاریخ‌گذاری معلوم شد که قدمتی ۶۰,۰۰۰ ساله دارند. این کشف چنان غیرمنتظره بود که خیلی‌ها ظاهراً آن را غیرممکن می‌پنداشتند. از زمان کشف انسان‌وارها در کرهٔ زمین، سرزمین استرالیا هیچ‌گاه چیزی جز یک جزیره نبوده است. تک‌تک انسان‌هایی که پایشان به آنجا می‌رسید مجبور بوده‌اند دریا را بپیمایند و پس از پیمودن فاصله‌ای شصت و چند مایلی در دریای آزاد بی‌آنکه بدانند سرزمینی آماده به انتظار ورودشان است بدانجا برسند تا جمعیت لازم برای تولید مثل را در آنجا متمرکز سازند. انسان‌های مانگو پس از گام نهادن در خشکی، راهی به طول بیش از دو هزار مایل از ساحل شمالی استرالیا ـ نقطهٔ ورود فرضی خود ـ را در داخل استرالیا در پیش گرفتند، که بر طبق گزارش مندرج در کتاب صورت‌جلسات آکادمی ملی علوم حکایت از آن دارد «که مانگوها نخستین بار احتمالاً پیش از ۶۰,۰۰۰ سال قبل وارد این سرزمین شده‌اند.»

اینکه آن‌ها چگونه بدانجا رسیدند و چگونه آمدند، از سؤالاتی است که نمی‌توان پاسخی به آن داد. بر طبق اغلب متن‌های انسان‌شناسی، هیچ مدرکی در دست نیست که نشان دهد این انسان‌ها در ۶۰,۰۰۰ پیش از این حتی می‌توانستند حرف بزنند، تا چه رسد به انجام کارهای گروهی برای ساختن قایق‌های اقیانوس‌پیما و استقرار یافتن در قاره‌های جزیره‌ای.

وقتی الن ثورن را در کانبرا ملاقات کردم به من گفت: «اکنون انبوهی از پرسش‌ها در مورد جابه‌جایی انسان در دورهٔ پیش از تاریخ مدون مطرح است که هیچ پاسخی برای آن‌ها نداریم. آیا هیچ می‌دانید وقتی انسان‌شناسان سدهٔ نوزدهم برای نخستین‌بار به گینهٔ نو پاپوا رسیدند، مردمی را در کوهستان‌های داخلی آن سرزمین مشاهده کردند که در آن بخش‌های غیرقابل دسترسی برای جهانیان، به کشت و برداشت سیب‌زمینی شیرین مشغول بودند؟ سیب‌زمینی از گیاهان بومی آمریکای جنوبی است. راستی این افراد چگونه به گینهٔ جدید پاپوا رسیدند؟ کسی چیزی نمی‌داند. کوچکترین اطلاعی در این مورد در دست نیست. اما آنچه تردیدی در آن نیست این است که این انسان‌ها از زمان‌های بسیار

قدیم و پیش از آنچه سنتاً تصور شود با اطمینان کافی جابه‌جا می‌شده‌اند و تردیدی نیست که ژن‌ها و اطلاعات خود را نیز به یکدیگر انتقال می‌داده‌اند.»

مسأله، همچون همهٔ موارد دیگر بایگانی فسیلی است. ثورن، این انسان تیزچشم با آن ریش بزی سفید و رفتار مصممانه اما دوست‌داشتنی خود، می‌گوید: «بخش‌های بسیار اندکی از جهان، حتی به شکلی ناشناخته برای حفظ بقایای بدن انسان رام می‌شوند. اگر همین چند نقطهٔ حاصلخیز مانند هادار و اولدووای هم در شرق افریقا وجود نمی‌داشت، اطلاعات ما به مرز هیچ نزدیک می‌شد. از سراسر کشور هند فقط یک فسیل باستانی انسان به دست آمده است: که به حدود ۳۰۰,۰۰۰ سال پیش از این مربوط می‌شود. در منطقهٔ واقع بین عراق و ویتنام ـ یعنی مسافتی معادل ۵,۰۰۰ کیلومتر ـ فقط دو فسیل به دست آمده است یکی در هند و دیگری یک انسان نئاندرتال در ازبکستان.»

سپس نیش‌خندی زد و گفت: «این تعداد فسیل به هیچ وجه برای انجام کارهای بی‌پایان پژوهشی کفایت نمی‌کند. آنچه می‌ماند این است که در این کرهٔ خاکی فقط چند نقطهٔ فسیل‌خیز وجود دارد، مانند دره نشستی بزرگ (Great Rift Valley) در افریقا و مانگو در استرالیا، و چندتایی در حد فاصل بین آن دو. بنابراین، شگفت‌آور نیست اگر دیده می‌شود دیرین‌شناسان در وصل کردن این نقاط به یکدیگر با مشکل مواجه‌اند.»

نظریهٔ سنتی در تبیین جابه‌جایی‌های انسان ـ و نظریه‌ای که همچنان مورد قبول بسیاری از فعالان در این زمینه است ـ آن است که می‌گوید انسان‌ها به صورت دو موج در اوراسیا به حرکت در آمدند. نخستین موج شامل هومو ارکتوس‌ها بود که قارهٔ افریقا را خیلی سریع ـ تقریباً به محض آنکه به یک گونه تبدیل شدند ـ و از حدود دو میلیون سال پیش ترک گفتند. با گذشت زمان و با استقرار هومو ارکتوس در مناطق مختلف، این انسان‌های راست قامت باز به انواع جدیدتر ـ انسان جاوه و انسان پکن در آسیا، و هومو هایدلبرگنسیس و سرانجام هومو نئاندرتالنسیس در اروپا ـ تبدیل شدند.

سپس، تقریباً در صد میلیون سال پیش از این، یک نوع موجود تیزهوش‌تر با بدنی نرم‌تر ـ نیاکان تک‌تک ما انسان‌های زندهٔ امروزی ـ از دشت‌های افریقا برآمد و به صورت دومین موج به اطراف پراکنده شد. بر طبق این نظریه، آن‌ها به

هر جایی که می‌رسیدند اسلاف کودن‌تر و کندتر خویش را از آنجا بیرون می‌کردند. اینکه هومو ساپین‌ها این کار را دقیقاً چگونه انجام دادند، تقریباً همیشه یکی از موضوعات مورد بحث بوده است. هیچ نشانه‌ای از کشت و کشتار به دست نیامده است، به همین دلیل اغلب دانشمندان معتقدند که انسان‌وارهای جدیدتر فقط در جریان رقابت بر انسان‌وارهای پیش از خود غلبه کردند، البته برخی عوامل دیگر نیز در این جابه‌جایی مؤثر واقع شده‌اند. ترستال می‌گوید: «شاید آن‌ها از ما آبله مرغان گرفته‌اند. هیچ راهی برای تشخیص واقعیت وجود ندارد. تنها مورد تردیدناپذیر آن است که اکنون ما اینجاییم و آن‌ها نیستند.»

نخستین انسان‌های جدید، به طرزی حیرت‌آور در سایه قرار می‌گیرند. شگفت‌آور اینجاست که اطلاعات ما دربارهٔ خودمان در مقایسه با تک‌تک تیره‌های انسان‌وارها کمتر است. همچنان که ترستال می‌گوید: «خیلی عجیب است که جدیدترین رویداد بزرگ در تکامل انسان ــ ظهور گونهٔ امروزی انسان ــ شاید ناشناخته‌ترین رویداد باشد.» هیچ‌کس نمی‌تواند حتی بپذیرد که انسان‌های حقیقتاً جدید نخستین‌بار در کجای بایگانی جدید فسیلی ظاهر می‌شوند. در بسیاری از کتاب‌ها اولین ظهور آن‌ها در حدود ۱۲۰,۰۰۰ سال پیش از این و به شکل بقایای یافت شده در مصب رود کلاسیز در افریقای جنوبی اعلام می‌شود، اما همهٔ دانشمندان معتقد نیستند که انسان جدید به معنی واقعی و کامل کلمه بوده باشند. ترستال و شوارتس معتقدند که «هنوز خیلی مانده است تا قطعاً معلوم شود که کدام یک از آن‌ها یا چندتای آن‌ها نمایندهٔ گونهٔ انسان امروزی بوده‌اند.»

نخستین هومو ساپین‌ها، بدون هیچ چون و چرایی، در مشرق دریای مدیترانه و اطراف کشور اسرائیل امروزی به ظهور رسیدند و از حدود ۱۰۰,۰۰۰ سال پیش از این وارد میدان شدند ــ اما حتی در آنجا کسانی چون ترینکاوس و شیپمن آن‌ها را «ناجور، غیرقابل طبقه‌بندی و کمتر شناخته شده» توصیف کرده‌اند. در این زمان، نئاندرتال‌ها به خوبی در منطقه مستقر شده بودند و از یک مجموعه ابزار معروف به موسترین (Mousterian) استفاده می‌کردند که انسان‌های جدید نیز آن‌ها را دارای ارزش دانستند و به عاریت گرفتند. از آن زمان تاکنون دیگر به بقایای انسان‌های جدید در شمال افریقا برخورد نشده است. اما مجموعه ابزارهایشان دایماً در سراسر آن منطقه یافت می‌شود. به احتمال قوی این ابزارها

به وسیلهٔ کسی به آنجا برده شدند: انسان‌های جدید تنها داوطلب احتمالی برای این کار هستند. همچنین معلوم شده است که نئاندرتال‌ها و انسان‌های جدید طی ده‌ها هزار سال در خاورمیانه، به نحوی با همدیگر همزیستی داشته‌اند. تترستال می‌گوید: «ما به درستی نمی‌دانیم که آیا آن‌ها از این مکان در فرصت‌های مناسب و به نوبت استفاده می‌کردند یا آنکه عملاً در کنار همدیگر به سر می‌بردند.» اما انسان‌های جدید همچنان با شادی و نشاط به استفاده از ابزارهای انسان نئاندرتال ادامه دادند ــ که به سختی می‌توان آن‌ها را مدرکی متقاعدکننده و حاکی از برتری قطعی ایشان دانست. گذشته از آن، ابزارهای آشولین نیز در طی دوره‌ای طولانی‌تر از یک میلیون سال در خاورمیانه یافت شده‌اند، اما در اروپا تا حدود ۳۰۰،۰۰۰ سال پیش از این به ندرت می‌توان اثری از آن‌ها یافت. در اینجا نیز معلوم نیست چرا مردمی که فناوری لازم را داشتند ابزارها را با خودشان نبردند.

مدت‌های طولانی، دانشمندان بر این عقیده بودند که کرومانیون‌ها یا همان انسان‌های جدید در قارهٔ اروپا همزمان با پیشرفت خود در سراسر این قاره، نئاندرتال‌ها را پیشاپیش خود به حرکت درآوردند و سرانجام به حاشیه‌های غربی قاره رساندند. در اینجا نئاندرتال‌ها چاره‌ای جز سقوط در دریا یا انقراض قطعی نداشتند. به بیان دقیق‌تر، امروزه معلوم شده است که کرومانیون‌ها تقریباً در همان زمان که از مشرق اروپا وارد این قاره می‌شدند به منتهی‌الیه غربی آن نیز رسیده بودند. تترستال می‌گوید: «اروپا در آن روزها سرزمینی نسبتاً خلوت بود. احتمال می‌رود که آن‌ها علیرغم آن همه آمدن‌ها و رفتن‌ها زیاد با یکدیگر مواجه نشده باشند.» یکی از شگفتی‌های ورود کرومانیون‌ها آن است که این واقعه زمانی به وقوع پیوست که در علم دیرین آب و هواشناسی (Paleoclimatology) با عبارت بازهٔ بوتلیه (Boutellier interval) از آن یاد می‌شود، و این منطبق بود بر زمانی که اروپا از یک دوره آب و هوای معتدل نسبی خارج می‌شد و به یک دورهٔ آب و هوای سرد و سوزان طولانی‌تر وارد می‌شد. علت کشانده شدن آن‌ها به اروپا هرچه بوده باشد آب و هوای خیلی خوب نبود.

به هرحال، این اندیشه که می‌گوید نئاندرتال‌ها در رقابت با کرومانیون‌های تازه وارد از پا در آمدند، دست کم تا حدودی با مدارک موجود مغایرت دارد. نئاندرتال‌ها اگر هیچ چیز نبوده باشند خشن بوده‌اند. آن‌ها طی ده‌ها هزار سال در

شرایطی به زندگی خود ادامه دادند که تاکنون هیچ انسان جدید غیر از دانشمندان قطب‌شناس و پویندگان قطبی نتوانسته است در مقابل آن دوام بیاورد. در بدترین عصرهای یخ‌بندان، سوز و برف همراه با بادهای شدید و توفان‌آسا در همه‌جا احساس می‌شد. دمای هوا معمولاً تا ۵۰ درجه فارنهایت زیر صفر پایین می‌رفت. خرس‌های قطبی، دره‌های برف گرفتهٔ انگلستان جنوبی را در می‌نوردیدند. نئاندرتال‌ها طبیعتاً از آب و هوای بدتر از این عقب‌نشینی کردند، اما بازهم شاهد تأثیرات آب و هوایی بودند که در زمستان‌ها چیزی از آب و هوای بد سیبریهٔ امروزی کم نداشت. تردیدی نیست که سخت آسیب می‌دیدند ــ هر نئاندرتالی که بیش از سی سال زندگی می‌کرد، عملاً خیلی خوشبخت به شمار می‌رفت ــ اما در مقام یک گونهٔ زنده، به طرز با شکوهی انعطاف‌پذیر و عملاً انهدام‌ناپذیر بودند. آن‌ها دست‌کم تا صد هزار سال و شاید هم تا دویست‌هزار سال در منطقه‌ای از جبل‌الطارق تا ازبکستان زنده ماندند، که دوره‌ای نسبتاً موفقیت‌آمیز برای هر گونهٔ زنده به شمار می‌رود.

اینکه آن‌ها واقعاً که بودند و به کدام موجودات شباهت داشتند، از موضوعات مورد اختلاف و قطعیت نایافته است. درست تا اواسط سدهٔ بیستم، دیدگاه رسماً پذیرفته شدهٔ انسان‌شناختی دربارهٔ انسان نئاندرتال این بود که او را موجودی گنگ، خمیده قامت، سنگین گام و بوزینه نما ــ نمونهٔ انسان غارنشین ــ معرفی می‌کرد. فقط پس از واقعه‌ای دردناک بود که دانشمندان به تجدیدنظر در این دیدگاه ترغیب شدند. در سال ۱۹۴۷ یک دیرین‌شناس فرانسوی-الجزایری به نام کامی آرامبورگ در ضمن انجام کارهای میدانی در صحرای افریقا به زیر بال هواپیمای سبک خود رفت تا قدری از آفتاب نیمروز در امان بماند. همچنان که آنجا نشسته بود چرخ هواپیما بر اثر شدت گرما ترکید و هواپیما ناگهان به یک طرف کج شد و ضربه‌ای دردناک به سر و سینهٔ او وارد آورد. بعدها وقتی به پاریس رسید، وقتی از گردنش عکس رادیولوژی گرفتند معلوم شد که ستون فقراتش دقیقاً در همان امتدادی قرار گرفته است که ستون فقرات نئاندرتال خمیده قامت و سنگین پیکر قرار داشت. یا او از لحاظ فیزیولوژیکی مانند انسان اولیه بود یا اینکه وضعیت ستون فقرات نئاندرتال درست توصیف نشده بود. اما، حالت دوم حقیقت داشت. ستون فقرات نئاندرتال به هیچ وجه به ستون فقرات

میمون‌های آدم‌نما شباهت نداشت. برحسب اینکه ما نئاندرتال را از چه زاویه‌ای می‌نگریستیم ستون فقراتش تغییر می‌کرد ــ ولی ظاهراً فقط بعضی وقت‌ها.

هنوز هم بسیاری از انسان‌شناسان معتقدند که نئاندرتال از هوش یا منش لازم برای مقابلهٔ برابرانه با تازه واردهای باریک‌اندام و تیزهوش‌تر این قاره یعنی هومو ساپین‌ها برخوردار نبود. در اینجا به اظهار نظر چاپ شده در یکی از آخرین کتاب‌های مربوط به موضوع توجه کنید: «انسان‌های جدید، این امتیاز [هیکل فوق‌العاده نیرومند انسان نئاندرتال] را با استفاده از پوشاک بهتر، آتش بهتر و سرپناه بهتر خنثی کردند؛ در این ضمن نئاندرتال‌ها جثه‌ای بس بزرگ‌تر را از آن خود کردند که آن‌ها را به خوردن غذای بیشتر وامی‌داشت.» به عبارت دیگر همان عواملی که امکان ادامهٔ موفقیت‌آمیز حیات را در طی صدهزار سال به آن‌ها داده بودند ناگهان به مانعی برطرف نشدنی تبدیل شدند.

مسأله‌ای که مخصوصاً هیچ‌گاه مورد توجه قرار نمی‌گیرد این است که نئاندرتال‌ها مغزی به مراتب بزرگتر از مغز انسان‌های جدید داشتند ــ ۱/۸ لیتر برای نئاندرتال در مقایسه با ۱/۴ لیتر برای انسان جدید، بر طبق یک محاسبه. این از تفاوت بین هومو ساپین‌های جدید و هومو ارکتوس‌های پسین یا گونه‌ای که ما آن را با خوشحالی و به سختی در ردیف انسان به شمار می‌آوریم بیشتر است. استدلال مطرح شده در اینجا به این قرار است که مغز ما علیرغم کوچکتر بودنش تا حدی کارآمدتر بود. گمان می‌کنم وقتی می‌گویم در هیچ‌جای دیگری از تاریخ تکامل انسان چنین استدلالی مطرح نمی‌شود، حقیقت را می‌گویم.

حال ممکن است بپرسید اگر نئاندرتال‌ها آن همه تنومند و انطباق‌پذیر و دارای مغزی بزرگ بودند چرا دیگر در کنار ما نیستند؟ یک پاسخ ممکن (اما خیلی مورد اختلاف نظر) آن است که شاید در کنار ما باشند. الن ثورن، از شارحان بزرگ یک نظریهٔ جایگزین به نام فرضیهٔ چند منطقه‌ای است که می‌گوید تکامل انسان به حالت پیوسته انجام شده است ــ یعنی درست همانگونه که آوسترالوپیتسین‌ها با گذشت زمان تکامل یافتند و به هومو هابیلیس و هومو هایدلبرگنسیس‌ها به هومو نئاندرتالنسیس تبدیل شدند، هومو ساپین‌های جدید نیز خیلی ساده از دل شکل‌های باستانی‌تر هومو برآمدند و تکامل یافتند. بر طبق این نظریه، هومو ارکتوس نه یک گونهٔ مجزا بلکه مرحله‌ای انتقالی است. بدین ترتیب،

چینی‌های جدید از نیاکان هومو ارکتوس باستانی خود در چین، و اروپایی‌های جدید از نیاکان هومو ارکتوس باستانی خود در اروپا به وجود آمده‌اند، والی آخر. ثورن می‌گوید: با این استثنا که برای من یکی هیچ هومو ارکتوسی وجود ندارد. به گمان من عمر این اصطلاح از حد سودمندی خود فراتر رفته است. در نظر من، هومو ارکتوس فقط بخش قدیمی خود ماست. معتقدم که فقط یک گونه از انسان‌ها از قارهٔ افریقا خارج شده است که آن نیز گونهٔ هومو ارکتوس است.

مخالفان نظریهٔ چند منطقه‌ای، آن را در درجهٔ نخست با استناد به این دلیل که مستلزم تکامل‌یابی موازی و نامحتمل انسان‌وارها در سراسر دنیای قدیم است ـ در افریقا، چین، اروپا و دورافتاده‌ترین جزایر اندونزی پس از تشکیل و ظهور ـ رد می‌کنند. برخی نیز معتقدند که چند منطقه‌گرایی به پیدایش دیدگاهی نژادپرستانه می‌انجامد که رهایی از آن برای انسان‌شناسی، سال‌های سال به درازا کشید. در اوایل دههٔ ۱۹۶۰ یک انسان‌شناس نامدار به نام کارلتن کون از دانشگاه پنسیلوانیا اعلام کرد که برخی از نژادهای جدید از منشأهای مختلف برآمده‌اند، بدین معنی که برخی از ما انسان‌ها به نژادی برتر از نژادهای دیگر تعلق داریم. این اظهارنظر به اعتقاداتی قدیمی‌تر نظر داشت که می‌گفت برخی از نژادهای جدید انسان مانند «بوشمن»های افریقایی (سان‌های کالاهاری، به عبارت دقیق) و «بومیان» استرالیایی از دیگر نژادها ابتدایی‌تر هستند.

آقای کارلتون کون دارای هر احساسی که بوده باشد، معنی ضمنی این سخن او برای بسیاری انسان‌شناسان آن بود که برخی از نژادها ذاتاً پیشرفته‌ترند و برخی از انسان‌ها ماهیتاً می‌توانند گونه‌های جدید تشکیل دهند. این نظریه که امروزه نظریه‌ای آشکارا و ماهیتاً اهانت‌آمیز به شمار می‌رود تا همین اواخر نیز در بسیاری از مراکز معتبر تحقیقاتی تبلیغ می‌شد. در این لحظه، یک کتاب علمی به زبان ساده از انتشارات مؤسسه تایم ـ لایف در سال ۱۹۶۱ به نام انسان حماسی (*The Epic Man*) در مقابل من است که بر اساس سلسله مقالات انتشار یافته در مجلهٔ لایف نوشته شده است. در این کتاب با اظهارنظرهایی از این قبیل مواجه می‌شوید: «انسان رودزیا... تا همین اواخر یعنی ۲۵۰۰۰ سال می‌زیسته است و احتمال می‌رود که جد سیاهکان افریقایی بوده باشد. اندازهٔ مغزش به اندازهٔ مغز هومو ساپین‌ها نزدیک بود.» به عبارت دیگر، افریقاییان سیاه‌پوست اخیراً از

موجوداتی حاصل شده‌اند که فقط به هومو ساپین‌ها «نزدیک» بوده‌اند.

ثورن مؤکداً (و به اعتقاد من از ته دل) این اندیشه را که نظریهٔ او را حتی ذره‌ای نژادپرستانه به شمار می‌آورد رد می‌کند و با اعلام اینکه حرکات پیشرونده و پس‌روندهٔ بسیاری بین فرهنگ‌ها و دین‌ها صورت گرفته است، از یکنواختی تکامل انسان دفاع می‌کند. او می‌گوید: «هیچ دلیلی در دست نیست که با استناد به آن فرض کنیم که انسان‌ها فقط در یک جهت به حرکت درآمدند. آن‌ها در سراسر جهان به حرکت درآمدند و هرجا که به یکدیگر رسیدند تقریباً بدون هیچ شک و تردیدی مادهٔ ژنتیکی خود را از طریق تداخل نژادی به یکدیگر منتقل کردند. تازه‌واردها جانشین جمعیت‌های بومی نشدند بلکه به آن‌ها پیوستند. آن‌ها، آن‌ها شدند. او این وضعیت را به زمانی تشبیه می‌کند که پویندگانی چون کوک و ماژلان نخستین‌بار با انسان‌های دورافتادهٔ کرهٔ زمین روبرو می‌شدند. این دیدارها نه به معنی دیدارهای گونه‌های مختلف بلکه به معنی دیدارهای یک گونه با تفاوت‌های جسمی اندک بود.»

ثورن اصرارکنان می‌گوید آنچه شما در بایگانی فسیلی می‌بینید یک انتقال آرام و پیوسته است. «جمجمه‌ای معروف از پترالونا (Petralona) در یونان و متعلق به حدود ۳۰۰,۰۰۰ سال پیش از این به دست آمده است که به علت برخی از تشابهات به هومو ارکتوس‌ها و برخی تشابهات دیگر به هومو ساپین‌ها از مدت‌ها موضوع مشاجره‌های طولانی بین سنت‌گرایان بوده است. بله، آنچه ما می‌گوییم آن است که این درست همان چیزی است که شما در گونه‌های تکامل‌یابنده و نه جابه‌جا شدهٔ انسان باید انتظارش را داشته باشید.»

یک نکته که به حل مسأله یاری می‌رساند مدارک موجود در مورد آمیزش نژادی است، که به سادگی و با استناد به فسیل‌ها نمی‌توان آن را اثبات یا رد کرد. در سال ۱۹۹۹ باستان‌شناسان در کشور پرتغال اسکلت کودکی ۴ ساله را یافتند که نزدیک به ۲۴,۵۰۰ سال پیش از این درگذشته بود. این اسکلت، روی هم رفته، به زمان جدید تعلق داشت ولی برخی خصوصیات کهن و احتمالاً نئاندرتالی در آن جلب توجه می‌کرد: استخوان‌های فوق‌العاده محکم ران، ردیف دندان با الگوی آشکارا «بیلچه‌ای» و (گرچه همگان با این مورد توافق دارند) یک فرورفتگی در پشت جمجمه که فرورفتگی بالای پس سری (Suprainiac Fossa)

نامیده می‌شود و از مشخصات خاص نئاندرتال‌ها بوده است. اریک ترینکاوس از دانشگاه واشینگتن در سنت لوئیس و از دانشمندان صاحب‌نظر دربارهٔ نئاندرتال‌ها این کودک را یک دو رگه اعلام کرد: دلیلی بر آمیزش نژادی بین انسان‌های جدید و نئاندرتال‌ها. اما دیگران، از اینکه خصوصیات نئاندرتالی و خصوصیات انسان جدید بیش از آن با یکدیگر ترکیب نشده بودند دچار سردرگمی شدند. به گفتهٔ یک منتقد: «اگر به یک قاطر بنگرید، متوجه می‌شوید وضع جسمی این جانور طوری نیست که نیمه جلویی‌اش به الاغ و نیمه پشتی‌اش به اسب شباهت داشته باشد.

یان تترستال می‌گوید کودک مزبور چیزی جز یک «کودک درشت و چاقالوی جدید نیست.» او می‌پذیرد که احتمال دارد تعدادی نئاندرتال و انسان جدید تقلبی در حد فاصل اینها وجود داشته باشند ولی معتقد نیست که اینها می‌توانسته‌اند به تولید فرزندانی موفق و ماندگار بیانجامند*. او می‌گوید: من هیچ دو موجود زندهٔ متعلق به دو عرصهٔ زیست‌شناسی را سراغ ندارم که هم با یکدیگر تفاوت داشته باشند هم به یک گونه تعلق داشته باشند.

وقتی بایگانی فسیلی تا این اندازه بی‌ثمر شد، دانشمندان بیش‌ازپیش به مطالعات ژنتیکی، بویژه بخشی از آن که DNAی میتوکندریایی نامیده می‌شود روی آوردند. DNAی میتوکندریایی فقط در سال ۱۹۶۴ کشف شد، اما در دههٔ ۱۹۸۰ برخی محققان مبتکر دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، دریافته بودند که DNAی میتوکندریایی دو خصوصیت دارد که آن را به عنوان نوعی ساعت مولکولی، به طرز خاصی قابل استفاده می‌گرداند: فقط از طریق نسل ماده انتقال پیدا می‌کند و به همین علت در هر نسل جدید با DNAی پدری در نمی‌آمیزد، و سرعت جهش

---

* یک احتمال آن است که بگوییم تعداد کروموزوم‌های نئاندرتال‌ها و کرومانیون‌ها با هم فرق داشته است، که این خود مسأله‌ای است که معمولاً به هنگام وصل شدن گونه‌های نزدیک به یکدیگر اما نه تماماً همانند یکدیگر پیش می‌آید. مثلاً اسب‌ها ۶۴ کروموزوم و الاغ‌ها ۶۲ کروموزم دارند. اگر آن دو با یکدیگر جفت‌گیری کنند فرزندی متولد می‌شود که ۶۳ کروموزم دارد و از لحاظ تولیدمثل بی‌فایده است. یعنی یک قاطر نازا متولد می‌شود.

آن بیست برابر سرعت جهش DNAی هستهٔ معمولی است، و ردیابی و پیگیری الگوهای ژنتیکی در طی زمان را آسان‌تر می‌گرداند. آن‌ها با ردیابی سرعت جهش‌ها توانستند تاریخچه و روابط ژنتیکی گروه‌های بزرگی از انسان‌ها را مشخص سازند.

گروه برکلی در سال ۱۹۸۷ به رهبری مرحوم الن ویلسن DNAی میتوکندریایی به دست آمده از ۱۴۷ نفر را تجزیه و اعلام کردند که پیدایش انسان‌های جدید از لحاظ کالبدشناختی در محدودهٔ ۱۴۰,۰۰۰ سال گذشته در قارهٔ افریقا رخ داده و «تمام انسان‌های امروزی از همان جمعیت نتیجه شده‌اند.» این، ضربه‌ای سنگین برای هواداران فرضیهٔ چندمنطقه‌ای بود. اما از آن پس، دانشمندان با دقت بیشتری به بررسی اطلاعات پرداختند. یکی از خارق‌العاده‌ترین نکات ــ تقریباً به قدری خارق‌العاده که نمی‌توان آن را عملاً به کسی نسبت داد ــ این بود که «افریقایی‌های» مورد استفاده در این مطالعات، انسان‌هایی افریقایی- آمریکایی بودند که ژن‌هایشان بدون تردید در چند سال گذشته در معرض دخالت‌های فراوان قرار گرفته بودند. ابراز تردید در مورد سرعت فرضی جهش‌ها نیز بلافاصله آغاز شد.

تا سال ۱۹۹۲ این مطالعات تا حد زیادی بی‌اعتبار تلقی می‌شدند. اما روش‌های تجزیهٔ ژنتیکی همچنان دقیق‌تر می‌شدند، و در سال ۱۹۹۷ دانشمندان دانشگاه مونیخ توانستند مقداری DNA از استخوان بازوی نئاندرتال اولیه استخراج و آزمایش کنند، و این بار مدرک عینی به دست آمد. آزمایش مونیخ اثبات کرد که DNAی نئاندرتال به هیچ یک از DNAهایی که امروزه در کرهٔ زمین یافت می‌شود. شباهت ندارد، و قویاً نشان می‌دهد که هیچ گونه ارتباط ژنتیکی بین نئاندرتال‌ها و انسان‌های جدید برقرار نیست. این کشف، ضربه‌ای واقعی بر نظریهٔ چند منطقه‌ای وارد آورد.

سپس مجلهٔ نیچر و برخی نشریات دیگر در سال ۲,۰۰۰ گزارش‌هایی از مطالعات انجام شده توسط سوئدی‌ها دربارهٔ DNAی میتوکندریایی ۵۳ نفر را منتشر کردند که نشان می‌داد تمام انسان‌های جدید در محدودهٔ ۱۰۰,۰۰۰ سال گذشته از قاره افریقا به ظهور رسیده‌اند و از یک نسل نژادی با جمعیتی حداکثر ۱۰,۰۰۰ نفره حاصل شده‌اند. بلافاصله پس از آن، اریک لندر مدیر مؤسسهٔ وایت هد/ مرکز تحقیقات ژنوم در مؤسسه فناوری ماساچوست اعلام کرد که

اروپاییان جدید و شاید هم خیلی انسان‌های سرزمین‌های اطراف اروپا از چیزی جز چند صد افریقایی که زادگاه خود را در حدود ۲۵,۰۰۰ سال پیش از این ترک گفتند، نتیجه نشده‌اند.»

همچنان که در جای دیگری از این کتاب گفتیم، انسان‌های جدید دارای قابلیت تغییر ژنتیکی فوق‌العاده اندکی هستند ـ به گفتهٔ یک دانشمند، «تنوع موجود در درون یک گروه اجتماعی مرکب از پنجاه و پنج شامپانزه از تنوع موجود در کل جمعیت انسانی بیشتر است ـ و همین نشان می‌دهد که چرا چنین است. چون ما در دوره‌های اخیر از یک جمعیت کوچک و بنیان‌گذار نتیجه شده‌ایم، زمان کافی یا انسان به تعداد کافی برای تأمین یک منبع تغییرپذیری کلان در اختیارمان نبوده است. به نظر می‌رسید که این ضربه‌ای شدید بر پیکر چند منطقه‌گرایی وارد کرده باشد. یکی از دانشمندان دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا به نشریهٔ واشنگتن پست چنین گفت: «مردم توجه چندانی به نظریهٔ چند منطقه‌ای نخواهند داشت زیرا این نظریه با مدارک چندانی پشتیبانی نمی‌شود.»

اما در تمامی آنچه گفتیم، ظرفیت کم‌وبیش بی‌نهایت موجود برای تغییرپذیری ناگهانی انسان‌های باستانی مانگو در نیوساوث ویلز نادیده گرفته شده است. ثورن و همکارانش در دانشگاه ملی استرالیا در اوایل سال ۲۰۰۱ گزارش دادند که DNAی موجود در قدیمی‌ترین نمونه‌های انسان‌های مانگو را ـ که قدمت‌شان تا ۶۲,۰۰۰ سال پیش از این تعیین شده است ـ استخراج کرده‌اند و این DNA «از لحاظ ژنتیکی متمایز است.»

بر طبق نتایج این تحقیقات، انسان مانگو از لحاظ کالبدشناسی، یک انسان جدید ـ درست مانند من و شما ـ بود اما یک تبار ژنتیکی منقرض شده با خود داشت. DNAی میتوکندریایی این انسان دیگر در میان انسان‌های موجود یافت نمی‌شود، چنانکه گویی همانند تمامی دیگر انسان‌های جدید از انسان‌هایی نتیجه شده است که قارهٔ افریقا را در گذشته‌ای نه چندان دور ترک گفته‌اند.

ثورن با شادمانی و بی‌پرده چنین می‌گوید: «این، یک‌بار دیگر همه‌چیز را زیر و رو کرد.»

سپس، نابهنجاری‌های بازهم عجیب‌تری پشت سر هم ظاهر شدند. روزالیند هاردلینگ ژنتیک‌دان جمعیتی در انستیتوی انسان‌شناسی زیستی

دانشگاه آکسفرد ضمن مطالعهٔ ژن‌های بتاگلوبین در انسان‌های جدید به دو نوع ژن برخورد که در میان آسیایی‌ها و بومیان استرالیا رواج فراوان دارند ولی در افریقا کمتر دیده می‌شوند. او تردیدی ندارد که ژن‌های تغییر شکل یافته در حدود ۲۰۰,۰۰۰ سال پیش از این در افریقا به ظهور رسیدند اما در شرق آسیا ــ مدت‌ها پیش از آنکه هومو ساپین‌های جدید به آن منطقه برسند. تنها راه تبیین پیدایش آن‌ها این است که بگوییم نیاکان انسان‌هایی که امروزه در آسیا زندگی می‌کنند شامل انسان‌وارهای کهن ــ انسان جاوه و مانند اینها ــ بوده‌اند. نکتهٔ جالب توجه اینجاست که همین ژن تغییر یافته ــ یعنی ژن انسان جاوه ــ در جمعیت‌های امروزی آکسفردشر نیز مشاهده می‌شود.

من که از این همه دچار سرگیجه شده بودم به دیدار هاردینگ در انستیتوی انسان‌شناسی زیستی که در یک ویلای آجری قدیمی بر کنار جادهٔ رنبری در آکسفرد و کم‌وبیش در همسایگی همان جایی واقع شده است که بیل کلینتون سال‌های دانشجویی‌اش را در آنجا گذرانده بود رفتم. هاردینگ یک استرالیایی کوتاه قامت و خنده‌رو از بندرگاه استرالیایی بریسبان با اندکی گرایش به بذله‌گویی و رفتار جدی در آن واحد است.

وقتی از او پرسیدم که چگونه است که اهالی آکسفردشر دارای ردیف‌هایی از بتاگلوبین شده‌اند که نباید در ایشان وجود داشته باشد، نیشخندی زد و بی‌درنگ گفت: «نمی‌دانم.» سپس با قیافه‌ای جدی‌تر ادامه داد: «بر روی هم، بایگانی ژنتیکی از فرضیهٔ خروج از افریقا پشتیبانی می‌کند. اما باز با این مجموعهٔ با نابهنجاری‌هایی مواجهه می‌شوید که اغلب ژنتیک‌دان‌ها ترجیح می‌دهند سخنی دربارهٔ آن‌ها به زبان نیاورند. مقادیر انبوهی از اطلاعات وجود دارد که اگر بتوانیم از آن سر دربیاوریم در اختیار ما قرار می‌گیرد، ولی ما تا این لحظه چنین توانی نداریم. تازه در ابتدای این راه قرار گرفته‌ایم. او از صحبت صریح دربارهٔ اینکه وجود ژن‌های دارای منشأ آسیایی در آکسفرد چه چیزی غیر از پیچیدگی آشکار وضعیت می‌گوید خودداری می‌کند. آنچه در این مرحله می‌توان گفت آن است که وضع بسیار آشفته است و ما چیزی دربارهٔ علت واقعی آن نمی‌دانیم.

زمانی که من و او در سال ۲۰۰۲ دیدار کردیم، یک دانشمند دیگر از دانشگاه آکسفرد به نام برایان سایکس تازه کتابی علمی به زبان ساده با عنوان

هفت دختر حوا انتشار داده و در آن با استفاده از مطالعات انجام شده دربارهٔ DNAی میتوکندریایی ادعا کرده بود که می‌تواند تقریباً مسیر تکامل تمام اروپایی‌های زندهٔ امروزی را ردیابی کند و به یک جمعیت بنیان‌گذار متشکل از فقط هفت زن ــ دختران حوا در عنوان کتاب ــ برسد که در حدفاصل بین ۱۰,۰۰۰ و ۴۵,۰۰۰ سال پیش از این و در روزگار معروف به دورهٔ دیرینه سنگی (Paleolithic) قرار گرفته‌اند. سایکس بر هریک از این زن‌ها یک نام گذاشته بود ــ اورسولا، زنیا، جسمین، و غیره ــ و حتی یک تاریخچهٔ تفصیلی شخصی برای آن‌ها نوشته بود. (اورسولا دومین دختر مادرش بود. نخستین دختر وقتی به دوسالگی رسید توسط یک پلنگ ربوده شده بود...)

وقتی از هاردینگ دربارهٔ این کتاب پرسیدم؛ خنده‌ای معنی‌دار اما احتیاط‌آمیز بر لب آورد، به‌طوری که هنوز به درستی نمی‌داند پاسخ را چگونه بازگوید. گفت: «راستش گمان می‌کنم باید برایش به واسطهٔ نقشی که در بیان موضوعی چنین دشوار به زبانی ساده ایفا کرده است ارزش قائل شوید.» و این احتمال اندک نیز وجود دارد که ممکن است حق با او باشد. باز خندید و با خنده‌ای جدی‌تر ادامه داد: «اطلاعات به دست آمده از هر ژن واحد، عملاً نمی‌تواند چیزی چندان قطعی به شما بگوید. اگر DNAی میتوکندریایی را در جهت بازگشت به گذشته دنبال کنید، شما را به نقطه‌ای مشخص ــ به یک اورسولا یا تارا یا هرچیز دیگر ــ خواهد رسانید. اما اگر هر ذرهٔ دیگری از DNA و اصولاً هر ژن را برگزینند و مسیر آن را در جهت بازگشت به گذشته ردیابی کنید، شما را بر روی هم به نقطه‌ای دیگر خواهد رسانید.

به این نتیجه رسیدم که این مانند در پیش گرفتن جاده‌ای ناشناخته در خارج از لندن و پی بردن به این واقعیت است که جادهٔ مذکور به جان اوگروتس ختم می‌شود، و از اینجا چنین نتیجه بگیرید که هر آن کس که در لندن به سر می‌برد حتماً از شمال اسکاتلند به آنجا آمده است. البته می‌توان احتمال داد که از آنجا آمده باشد اما به همان اندازه نیز این احتمال وجود دارد که از یکی از صدها جای دیگر آمده باشد. به گفتهٔ هاردینگ بدین مفهوم، هر ژن یک بزرگراه جداگانه است و ما تازه دست‌اندکار تهیه نقشهٔ راه‌ها شده‌ایم. می‌گوید: «هیچ ژن واحدی، هیچ‌گاه کل داستان را برایتان نخواهد گفت.»

بدین ترتیب نباید اطمینانی به مطالعات ژنتیکی داشت؟

«به طور کلی، می‌توانید از جهات بسیار به این مطالعات اطمینان کنید. آنچه نمی‌توان بدان اطمینان کرد نتایج فراگیری است که افراد غالباً به آن‌ها نسبت می‌دهند.»

او گمان می‌کند نظریهٔ خروج از قاره افریقا احتمالاً تا ۹۵ درصد درست باشد. اما می‌افزاید: «به گمانم، از هر دو طرف، با اصرار بر اینکه این درست است یا آن، برخی خدمات منفی به علم شده است. احتمالاً در آینده معلوم خواهد شد که مسایل به آن سادگی‌ها که هریک از این دو اردوگاه می‌کوشند شما را به پذیرفتنش وادارند نبوده است. از مدارک موجود آرام‌آرام و آشکارا چنین استنباط می‌شود که چندین مهاجرت و پراکندگی در بخش‌های مختلف جهان و در تمام جهات جریان داشته و استخر ژن‌ها را عموماً برهم می‌زده و مخلوط می‌کرده‌اند. سروسامان به دادن یک چنین وضعیتی هیچ‌گاه آسان نخواهد بود.»

درست در همین زمان، چندین گزارش دیگر انتشار یافت که در آن‌ها اعتبار ادعاهای مربوط به بازیابی DNA حقیقتاً باستانی مورد تردید قرار گرفت. یک استاد دانشگاه ضمن مقاله‌ای در نشریه نیچر یادآور می‌شود که چگونه یک دیرین‌شناس وقتی همکارانش از او پرسیدند آیا به نظر شما این جمجمهٔ قدیمی جلاخورده است یا نه، سطح فوقانی جمجمه را لیسیده و اعلام کرده بود که جلا خورده است. در مقالهٔ نشریه نیچر گفته می‌شود: در این فرآیند، مقادیر عظیمی از DNAی انسان جدید به سطح جمجمه انتقال یافته و آن را به چیزی بی‌فایده در مطالعات آتی تبدیل کرده است. در این مورد نیز از هاردینگ پرس و جو کردم.

خانم هاردینگ در پاسخ گفت: «تردیدی نداشته باشید که تا این زمان قطعاً آلوده شده بود. کافی است استخوان را با دست لمس کنید تا آلوده شود. نفس کشیدن در نزدیکی آن هم باعث آلودگی‌اش خواهد شد و بیشتر آبی که ما در آزمایشگاه‌مان داریم آن را آلوده خواهد ساخت. ما همگی در دریای DNAی بیگانه شنا می‌کنیم. برای به دست آوردن یک نمونهٔ تمیز و قابل اطمینان، باید آزمایش را در محیط ضدعفونی شده و در محلی انجام دهید که استخوان در آنجا یافت می‌شود. آلوده نکردن یک نمونه، ظریف‌ترین و دشوارترین کار در جهان است.

پرسیدم: آیا باید در این‌گونه ادعاها با تردید نگریست؟

هاردینگ سرش را به حالتی جدی تکان داد و گفت: «بله، با تردید فراوان.»

اگر می‌خواهید خیلی سریع از علت ناچیز بودن اطلاعات ما دربارهٔ منشأ انسان سردرآورید، جایی را به شما معرفی می‌کنم که به فاصله‌ای اندک از خط‌الرأس تپه‌های آبی‌رنگ نگونگ در کشور کنیا و در جنوب و غرب نایروبی قرار دارد. کافی است بر اتومبیل‌تان بنشینید و اندکی در بزرگراه منتهی به اوگاندا برانید تا پرده‌ها از برابر چشمانتان کنار روند و ناگهان لحظه‌ای پرشکوه در برابرتان جلوه کند که در آن منظرهٔ زیبای دشت پهناور و سرسبز افریقا تا بی نهایت دامن گسترده است.

این همان دورهٔ نشستی بزرگ است که قوسی سه هزار مایلی در شرق افریقا برمی‌دارد و برشکستگی تکتونیکی جداکنندهٔ افریقا از آسیا منطبق می‌شود. در اینجا، احتمالاً در چها مایلی خارج از نایروبی، در امتداد کف سوزان دره، منطقه‌ای باستانی به نام اولورگسایلی (Olorgesailie) واقع شده است که روزگاری در کنار دریاچه‌ای بزرگ و دلنشین قرار داشت. در سال ۱۹۱۹ سال‌ها پس از ناپدید شدن این دریاچه، یک زمین‌شناس به نام ج. و. گرگوری دست‌اندرکار جستجو برای تعیین نقاطی برای حفاری بود که به باریکه زمینی بی‌درخت اما پوشیده از سنگ‌های ناشناخته و تیره‌رنگ برخورد که آشکارا توسط انسان تراشیده و شکل داده شده بودند. او یکی از همان جایگاه‌های بزرگ ساخت ابزارهای آشولین را پیدا کرده بود که یان تترستال ما را در صفحات گذشته با آن آشنا کرد.

من بی‌آنکه خود انتظار داشته باشم در سال ۲۰۰۲ متوجه شدم که به بازدید از این منطقهٔ خارق‌العاده رفته‌ام. من برای کاری دیگربه کنیا رفته بودم و قرار بود از چند پروژهٔ اجرا شده توسط مؤسسه CARE International (مراقبت بین‌المللی) بازدید کنم، اما میزبانان من که از علاقهٔ من به انسان‌ها و گردآوری اطلاعات و مدارک لازم برای نوشتن این کتاب باخبر بودند بازدید از اولورگسایلی را نیز در برنامهٔ من گنجانده بودند.

اولورگسایلی پس از کشف توسط گرگوری، نزدیک به بیست سال دست نخورده افتاده بود تا آنکه گروه دو نفرهٔ معروف لوئیس و مری لیکی (شوهر و زن)

دست به حفاری در آن زد که هنوز هم به پایان نرسیده است. آنچه لیکی‌ها در اینجا یافتند منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۱۰ ایکر بود که از حدود یک میلیون سال پیش به این طرف یعنی از ۱/۲ میلیون سال تا ۲۰۰,۰۰۰ سال پیش، ساخت ابزارهای سنگی بیرون از شمارش در آن آغاز شده و ادامه یافته بود. امروزه روی ابزارهای پراکندهٔ مذکور را با چهارطاقی‌های حلبی بزرگ پوشانده و با حصار توری محصور کرده‌اند تا از ورود بازدیدکنندگان غارتگر و فرصت‌طلب به درون آن جلوگیری شود. اما غیر از این، هیچ‌یک از ابزارها جابه‌جا نشده‌اند و در همان جاهایی مانده‌اند که لیکی‌ها نخستین بار آن‌ها را در آنجا دیدند.

جیلانی نگالی که جوانی تیزهوش از موزهٔ ملی کنیا بود و برای راهنمایی ما در این بازدید اعزام شده بود می‌گفت سنگ‌های کوارتس و اوبسیدین که این تبرها از آن‌ها ساخته می‌شدند هیچ‌گاه در بستر این دره یافت نشدند. ضمن اشاره به دو کوه مه گرفته در دور دست و درست در منطقه میانی این دره و روبروی یکدیگر گفت: «مجبور بودند سنگ‌ها را از آن کوه‌ها تا اینجا حمل کنند.» یکی اولورگسایلی و دیگری اول اساکوت (Ol Esakut)، هرکدام به اندازهٔ ۱۰ کیلومتر یا حدود ۶ مایل با اینجا فاصله داشت ــ که مسافتی طولانی برای حمل سنگ در بغل است.

البته ما به درستی نمی‌دانیم که چرا انسان‌های اولورگسایلی این همه خودشان را به دردسر می‌انداختند. آن‌ها نه فقط قطعه سنگ‌ها را به دنبال خود می‌کشیدند و تا کنار دریاچه می‌آوردند، بلکه کاری مهم‌تر از آن هم انجام می‌دادند، و آن مرتب کردن کارگاه بود. حفاری‌های انجام شده توسط لیکی‌ها نشان داد که چند نقطهٔ کارگاه فقط مخصوص تبرسازی بود و در چند نقطهٔ دیگر نیز تبرهای کُند شده را برای تیز کردن از مردم تحویل می‌گرفته‌اند. خلاصهٔ کلام آن که اولورگسایلی نوعی کارخانه بود که تا یک میلیون سال فعالیت داشت.

از نمونه‌های مشابه‌سازی شدهٔ بعدی معلوم شد که ساخت این تبرها کاری بسیار سخت و وقت‌گیر بود ــ حتی اگر کسی بارها تمرین می‌کرد، ساخت هر تبر چند ساعت طول می‌کشید ــ اما نکتهٔ شگفت‌آور آن است که این ابزارها مخصوصاً برای بریدن یا تراشیدن یا لب‌پر کردن یا هر کار دیگری که ظاهراً بدان منظور ساخته می‌شدند، مناسب نبودند و بدین ترتیب ما می‌مانیم و مسأله‌ای که انسان اولیه در دوره‌ای یک میلیون ساله ــ به‌مراتب طولانی‌تر از دوره‌ای که از

عمر گونهٔ خود ما می‌گذرد با دوره‌ای به مراتب کوتاهتر در تلاش‌های پیوستهٔ گروهی ــ در قالب دسته‌های بزرگ به اینجا می‌آمد تا به ساخت تعداد بی‌شماری ابزار سنگی بپردازد، که ظاهراً و به طرز اسرارآمیزی هیچ هدفی در آن نداشته است.

راستی این انسان‌ها که بودند؟ کسی چیزی نمی‌داند. احتمال می‌دهند که هومو ارکتوس بوده باشند، زیرا هیچ داوطلب شناخته شدهٔ دیگری در میان نیست. و این بدان معنی است که کارگران اولورگسایلی در اوج تکامل خویش دارای مغزی به اندازهٔ مغز کودک انسان جدید بوده‌اند. اما هیچ مدرک مادی به عنوان شالودهٔ این نتیجه‌گیری در دست نیست. علیرغم گذشت بیش از ۶۰ سال از آغاز تحقیقات در اینجا، تاکنون هیچ استخوانی در اولورگسایلی یا در اطراف و نزدیکی آن یافت نشده است. آن‌ها هرقدر که مدت زمان طولانی‌تری را صرف شکل دادن به این ابزارهای سنگی کرده بوده باشند، ظاهراً برای مردن به جایی دیگر می‌رفتند.

جیلانی نگالی نگاهی حاکی از شادی کرد و گفت: «این همچنان یک راز است.»

انسان‌های اولورگسایلی در حدود ۲۰۰,۰۰۰ سال پیش از این یعنی زمانی که دریاچه خشکید و درهٔ نشستی تدریجاً به درهٔ گرم و سوزان امروزی تبدیل شد، از صفحه روزگار ناپدید شدند، اما در این هنگام، روزهای ایشان به عنوان یک گونهٔ زنده به شمارش افتاده بود. چیزی نمانده بود که نخستین ارباب حقیقی کرهٔ زمین یعنی هومو ساپین بر آن گام نهد. از آن پس اوضاعی برگشت‌ناپذیر در زمین برقرار شد.

# ۳۰ خدا نگهدار

در نخستین سال‌های دهـهٔ ۱۶۸۰، تـقریباً درست در زمـانی کـه ادمـند هـالی و دوستانش کریستوفر رن و رابرت هوک آرام آرام در یکی از قهوه‌خانه‌های لنـدن مستقر شدند و به آن رقابت دوستانه‌ای پیوستند که سرانجام به انتشار کتاب اصول اَیزک نیوتن، تعیین وزن کرهٔ زمین تـوسط هـنری کَوِندیش، و بسـیاری از دیگـر کارهای الهام یافته و درخور ستایش انجامید که ما را در بخش بزرگی از پانصد صفحهٔ پیشین این کتاب به خود مشغول کردند، انسان از یک نقطهٔ عطف دیگر در جزیرهٔ دورافتادهٔ موریشس در اقیانوس هند بـه فـاصلهٔ هشـتصد مـایلی سـاحل شرقی ماداگاسکار عبور می‌کرد.

در آنجا یک ملوان فراموش شده یا جانور دست‌آموز متعلق به آن ملوان، آخرین دودو(dodo) یا پرندهٔ بی‌پرواز معروف را با آن طبیعت کودن و خوش باور و فاقد دوپای تیز برای دویدن، به هدفی نسبتاً وسوسه‌انگیز برای ملوانان جوانـی تبدیل کرده بودند که برای گذراندن تعطیلات‌شان به ساحل می‌آمدند. میلیون‌ها سال زندگی آرام در حالت انزوا، این جانور را برای مقابله با رفـتار غـیرعادی و عمیقاً تکان دهندهٔ انسان‌ها آماده نساخته بود.

ما چیزی دربارهٔ شرایط یا حتی سال ملازم با آخرین لحظات زندگی آخرین دودو نمی‌دانیم، و به همین علت نمی‌دانیم دنیای مجهز به کتاب اصول زودتر از راه رسید یا دنیای فاقد دودو، اما این را می‌دانیم که هر دو حادثهٔ مذکور کم و بیش هم زمان رخ دادند. من ادعا می‌کنم که شما برای پیدا کردن یک جفت واقعهٔ بهتر از این برای نشان دادن طبیعت الاهی و تبهکارانهٔ انسان بـه مشکـل بـرخـواهـید

خورد ـ انسان یا گونه‌ای از موجودات زنده که می‌تواند ژرف‌ترین رازهای آسمان را بگشاید و در عین‌حال بی‌آنکه هدفی خاص داشته باشد موجودی را به ورطهٔ انقراض و هلاک بکشاند که در طول عمرش هیچ آسیبی به ما نرساند و حتی یک ذره هم نمی‌توانست دریابد که ما چه بلایی در آن روزها به سرش می‌آوریم، که آوردیم. به عبارت دقیق‌تر، دودوها به قدری از هرگونه آینده‌نگری تهی بودند که اگر دلتان می‌خواست تمام دودوهای پراکنده در اطراف خودتان را پیدا کنید کافی بود یکی از آن‌ها را بگیرید و کاری کنید که جیغش درآید، تا بدین ترتیب تمام دودوهای دیگر تاتی تاتی کنان در آنجا گرد آیند تا ببینند چه شده است.

بی‌حرمتی‌های انسان به دودوی بیچاره به همان جا ختم نشد. در سال ۱۷۵۵، یعنی نزدیک به هفتاد سال پس از مرگ آخرین دودو، مدیر موزهٔ اشمولین در آکسفرد اعلام کرد که دودوی توپُر آن مؤسسه به طرز ناخوشایندی کهنه شده و کپک زده است و به همین دلیل دستور داد آتشی برافروخته و دودو را در آن انداختند. این از آن تصمیم‌های حیرت‌آور بود چون تا آن زمان تنها دودوی موجود، توپُر یا توخالی، همان یکی بود و بس. کارمندی که از کنار آتش می‌گذشت، مات و مبهوت کوشید پرندهٔ بیچاره را نجات دهد ولی توانست فقط کله و بخشی از یک پای آن را نجات دهد.

ما بر اثر اقدام دور از عقل و بسیاری اقدامات مشابه دیگر، امروزه هیچ تردیدی نداریم که نمی‌دانیم دودوی زنده چگونه موجودی بوده است. اطلاعات ما خیلی کمتر از آن است که اغلب افراد تصور می‌کنند ـ مشتی توضیحات خام توسط «سیاحان غیرعلمی، سه یا چهار نقاشی رنگ و روغنی و چند تکه شبه استخوان پراکنده»، به گفته هـ ا. استریکلند طبیعت شناس سدهٔ نوزدهم. همچنان که استریکلند با افسوس به زبان می‌آورد، مدارک مادی قابل استفادهٔ ما در مورد فلان هیولای دریایی عصر باستان و سوسمار پاییان‌کُندرو خیلی بیشتر است تا در مورد پرنده‌ای که تا عصر جدید زندگی می‌کرد و برای بقای حیاتش از ما چیزی نمی‌خواست جز آنکه به او نزدیک نشویم و تنهایش بگذاریم.

بدین ترتیب، آنچه دربارهٔ دودو می‌دانیم از این قرار است: در جزیرهٔ موریشس زندگی می‌کرد، چاق و خپل بود ولی خوش مزه نبود، و بزرگترین عضو تیرهٔ کبوتران به شمار می‌رفت، اما هیچ کس نمی‌داند دقیقاً با چه تفاوتی، چون

وزنش هیچ‌گاه به دقت ثبت نشده بود. نتیجه‌گیری‌های انجام شده از روی «تکه‌های استخوان» استریکلند و بقایای ناچیز اشمولین حکایت از آن دارد که قد دودو اندکی از دو و نیم فوت بیشتر بود و طولش از نوک منقار تا انتهای دم به همان اندازه می‌رسید. دودو که پرنده‌ای بی پرواز بود، روی زمین لانه می‌ساخت و تخم بچه‌هایش را به طرزی غم‌انگیز در جاهایی قرار می‌داد که خوک‌ها، سگ‌ها و میمون‌هایی که همراه خارجیان به آن جزیره آورده شده بودند به آن‌ها دسترسی پیدا می‌کردند. احتمالاً تا سال ۱۶۸۳ منقرض شده بود اما در سال ۱۶۹۳ انقراضش قطعی شد. از این فراتر، ما دیگر چیزی نمی‌دانیم جز آنکه مشابه آن را هیچگاه در آینده نخواهیم دید. دربارهٔ عادات تولیدمثل و تغذیه، چراگاه و صداهایی که به هنگام ترس و در آرامش از خود تولید می‌کرد نیز چیزی نمی‌دانیم. حتی یک تخم دودو در اختیار انسان نیست.

آشنایی انسان با دودوی جاندار از آغاز تا پایان فقط ۷۰ سال دوام یافت. این دوره‌ای فوق العاده کوتاه است ــ هرچند لازم به یادآوری است که ما در این نقطه از تاریخ خود هزاران سال تمرین در موضوع انقراض‌های برگشت‌ناپذیر را پشت سر گذاشته بودیم. هیچ کس به درستی نمی‌داند که انسان‌ها تا چه اندازه ویرانگرند، اما واقعیت آن است که در پنجاه و چند هزار سال گذشته، ما به هر جا که گام نهاده‌ایم جانوران آن‌جا معمولاً به تعداد زیاد و حیرت آوری نابود شده‌اند.

در آمریکا، سی جنس از جانوران بزرگ جثه ــ برخی واقعاً بسیار بزرگ ــ عملاً و بلافاصله پس از ورود انسان‌های جدید به این قاره در فاصلهٔ بین ده و بیست هزار سال پیش از این ناپدید شده‌اند. بر روی هم آمریکای شمالی و جنوبی بین خودشان در حدود سه چهارم جانوران بزرگ جثهٔ خود را بلافاصله پس از ورود انسان شکارگر مجهز به نیزه‌های نوک چخماقی و قابلیت‌های سازماندهی فوق العاده‌اش به آن سرزمین‌ها از دست دادند. اروپا و آسیا که جانوران‌شان از هزاران سال پیش دارای حس نگرانی سودمندی در برابر انسان شده بودند چیزی در حدود یک سوم و یک دوم موجودات زندهٔ بزرگ شان را از دست دادند. اما استرالیا، به دلایلی دقیقاً متضاد دلایل بالا، حداقل ۹۵ در جانوران بزرگ خود را از دست داد.

از آنجا که جمعیت انسان‌های شکارگر اولیه نسبتاً کوچک ولی جمعیت

جانورها حقیقتاً بزرگ و پرشمار بودند ـ گفته می‌شود که چیزی نزدیک به ده میلیون لاشهٔ ماموت یخ زده فقط در توندراهای سیبریه وجود دارد ـ برخی از دانشمندان معتقدند که حتماً علت‌های دیگری در میان بوده است که از آن جمله می‌توان به تغییرات آب و هوا و شیوع بیماری‌های عالمگیر اشاره کرد. به گفتهٔ راس مک‌فی از موزهٔ آمریکایی تاریخ طبیعی: «در اغلب موارد، شکار جانوران خطرناک در مقایسه با نیازی که انسان دارد، با هیچ گونه سود مادی ـ فلان تعداد استیک ماموت برای خوردن ـ همراه نیست.» عده‌ای دیگر معتقدند که شکار و کشتن این جانداران از لحاظ کیفری تقریباً با هیچ مشکلی مواجه نبوده است. تیم فلنری می‌گوید: «در قاره‌های استرالیا و آمریکا، جانوران احتمالاً نمی‌دانستند که باید از مقابل انسان‌ها بگریزند.»

برخی از موجودات زنده‌ای که بدین ترتیب از دست رفتند، در نوع خود یگانه و بسیار تماشایی بودند و اگر زنده می‌ماندند نگهداری از آن‌ها به هزینه و مدیریت چندانی نیاز نمی‌داشت. مثلاً تنبل‌های زمینی را که می‌توانستند از پنجرهٔ طبقه بالا به داخل نگاه کنند، یا لاک پشتی را که تقریباً با یک اتومبیل فیات کوچک هم‌اندازه است مجسم کنید، یا مارمولک‌هایی را زیرنظر بگیرید که طول‌شان به بیست فوت می‌رسد و در کنار بزرگراه‌های بیابانی غرب استرالیا دراز می‌کشند و به خواب می‌روند. افسوس که دیگر نشانی از آن‌ها نیست و ما در قاره‌ای بس تهی شده به سر می‌بریم. امروزه در سراسر جهان فقط چهار نوع جانور خشکی‌زی واقعاً سنگین (به وزن یک متریک تن یا بیشتر) باقی مانده‌اند: فیل‌ها، کرگدن‌ها، اسب‌های آبی، و زرافه‌ها. حیات در کرهٔ زمین تا ده‌ها میلیون سال، هیچ گاه این چنین نقصان یافته و رام نبوده است.

پرسشی که در اینجا پیش می‌آید آن است که آیا نابود شدن‌های عصر یخ و نابود شدن‌های دوره‌های جدیدتر عملاً جزیی از یک واقعهٔ انقراض واحد نیستند؟ خلاصهٔ کلام آنکه آیا پیدایش انسان‌ها در کرهٔ زمین یک خبر ناگوار برای دیگر موجودات زنده نیست؟ احتمال تأسف‌انگیز آن است که احتمالاً چنین است. به گفتهٔ دیوید راوپ دیرین‌شناس و استاد دانشگاه شیکاگو، سرعت انقراض موجودات زنده در سراسر تاریخ زیست‌شناختی بدین شکل بوده است که به طور متوسط یک گونه در هر چهارسال منقرض شده است. بر طبق یک

محاسبه که اخیراً انجام شده است، انقراض ناشی از اقدام انسان‌ها ممکن است به ۱۲۰،۰۰۰ برابر آن سطح انقراض برسد.

تیم فلنری طبیعت شناس استرالیایی و رئیس کنونی موزهٔ استرالیای جنوبی در آدلایید، در اواسط دههٔ ۱۹۹۰ از اینکه می‌دید اطلاعات ما دربارهٔ بسیاری از انقراض‌ها از جمله برخی موارد انقراض جدید خیلی اندک است، در شگفت می‌شد. وقتی یک سال و اندی پیش در ملبورن با او دیدار کردم، گفت: «به هر جا که نگاه می‌کردم، چند شکاف در بایگانی‌ها می‌دیدم ـ تکه‌های گم شده مانند دودو، یا اصلاً ثبت نشده.»

فلنری دوستش پتر اسخاوتن(Peter Schouteh) را که نقاش و با او هموطن بود به استخدام خود درآورد تا دوتایی به کاوشی نسبتاً وسواس گونه برای زیر و رو کردن مجموعه‌های بزرگ جهان و شناسایی تک تک موارد از دست رفته، باقی مانده و موارد اصولاً شناسایی نشده بپردازند. آن‌ها چهار سال از عمرشان را در راه دست‌چین کردن پوست‌های قدیمی، نمونه‌های کپک زده، نقاشی‌های کهنه و توضیحات مکتوب ـ هر آنچه وجود داشت و در دسترس بود ـ صرف کردند. اسخاوتن از تک تک جانورانی که منطقاً می‌توانستند بازسازی کنند نقاشی‌هایی به اندازهٔ طبیعی کشید و فلنری نیز توضیحات مربوط به هریک را نوشت. نتیجه، کتابی خارق‌العاده به نام شکافی در طبیعت (*A Gap in Nature*) بود که کامل‌ترین ـ و باید اذعان کرد، تکان دهنده‌ترین ـ کاتالوگ جانداران منقرض شده در سیصد سال گذشته به شمار می‌رود.

آنچه تهیه شد، در مورد برخی از جانوران بسیار خوب بود، اما تا سال‌ها بعد و گاهی تا ابد، هیچ کس در مورد آن‌ها دست به کار تازه‌ای نزد. گاو دریایی استلر(Steller) که موجودی شبیه فیل دریایی (Walrus) و از تیرهٔ دریاگاوان(dugong) بود، یکی از آخرین جانوران واقعاً بزرگ بود که منقرض شد. این جانور به راستی غول پیکر بود ـ طول بالغ آن ممکن بود به حدود سی فوت و وزنش به ۱۰ تن برسد ـ ولی ما فقط به این دلیل با آن آشنا شده‌ایم که در سال ۱۷۴۱ کشتی هیأتی از پویندگان روسی، تصادفاً در همان نقطه‌ای دچار شکستگی شد که تعدادی از

این موجودات در آن زندگی می‌کردند، که آنجا نیز جایی جز دسته جزایر کوماندر در دریای برینگ نبود.

خوشبختانه یک طبیعت‌شناس به نام گئورک استلر همراه این هیأت بود که سخت شیفتهٔ این جانور بود. فلنری می‌گوید: «یادداشت‌های او حجیم‌ترین یادداشت‌ها بودند. او حتی قطر سبیل جانور را اندازه گرفت. تنها چیزی که استلر توصیف نکرد اندام‌های تناسلی جنس نر بود ــ اما به دلایلی، اندام‌های جنسی ماده را با خوشحالی توصیف کرد. او حتی تکه‌های پوست جانور را پیش خود نگه داشت تا خواننده بتواند تصور دقیقی از آن داشته باشد. همیشه بخت تا این اندازه با ما یار نبود.»

تنها کاری که از دست استلر برنمی‌آمد نجات دادن خود گاو دریایی بود. این جانور که تا مرز انقراض شکار شده بود به فاصلهٔ بیست و هفت سال پس از کشف آن توسط استلر یکسره منقرض شد. اما بسیاری جانوران دیگر را نمی‌توان در اینجا گنجانید زیرا اطلاعات ما دربارهٔ آن‌ها بسیار اندک است. موش جهندهٔ دارلینگ داونز، قوی جزایر چتم، آبچلیک بی‌پرواز از جزیرهٔ آسانسیون، دست‌کم پنج نوع لاک‌پشت بزرگ و بسیاری جانوران دیگر تا ابد از دست رفته‌اند و اکنون چیزی جز نامشان برای انسان باقی نمانده است.

فلنری و اسخاوتن پی بردند که بخش بزرگی از انقراض جانوران نه به علت رفتار بی‌رحمانه یا عمدی ما بلکه فقط بر اثر نوعی حماقت بزرگ‌منشانه صورت گرفته است. در سال ۱۸۹۴ وقتی یک فانوس دریایی بر فراز صخره‌ای تک افتاده به نام جزیرهٔ استیفنز و در تنگهٔ توفانی بین جزایر شمالی و جنوبی زلند جدید ساخته شد، گربهٔ متعلق به نگهبانِ فانوس دریایی دایماً پرنده‌های کوچک و عجیبی را صید می‌کرد و برایش می‌آورد. این نگهبان برحسب وظیفه، تعدادی از نمونه‌های پرنده را به موزهٔ ولینگتن فرستاد. در آنجا، موزه‌دار از مشاهدهٔ نمونه‌ها به هیجان آمد و خیلی خوشحال شد، چون این پرنده گونهٔ باقیماندهٔ الیکایی‌های بی‌پرواز ــ تنها نمونهٔ یک پرندهٔ آشیانه‌ساز بی‌پرواز که تا آن زمان در نقطه‌ای از جهان یافت می‌شد ــ بود. او بی‌درنگ به سوی جزیرهٔ مذکور به راه افتاد، اما وقتی به آنجا رسید که گربهٔ نگهبان تمام آن‌ها را کشته بود. دوازده گونهٔ پر شده از گونهٔ الیکایی‌های بی‌پرواز جزیرهٔ استیفنز در موزه‌ها، تنها بقایای موجود از این پرنده‌ها هستند.

باز جای خوشحالی است که دست کم این نمونه‌ها را داریم. در اغلب موارد معلوم می‌شود که ما در مراقبت از گونه‌های منقرض شده پیش از انقراض آن‌ها خیلی بهتر از زمان پس از انقراض آن‌ها عمل نمی‌کنیم. مثلاً به یک مورد از طوطی دم‌دراز و دوست‌داشتنی کارولینا توجه کنید. این طوطی سبز روشن با کلهٔ طلایی رنگ، باید اذعان کرد که جالب‌ترین و زیباترین پرنده‌ای بود که تا آن زمان در آمریکای شمالی زندگی کرده بود ـ احتمالاً شما نیز توجه کرده‌اید که طوطی‌ها معمولاً جرأت نمی‌کنند تا چنان مسافت دورافتاده‌ای در جهت شمال پیش بروند ـ و در روزگار رونق‌اش به تعداد بسیار زیاد یافت می‌شد، به‌طوری که فقط کبوترهای مهاجر از این لحاظ بر آن پیشی می‌گرفتند. اما از دیدگاه کشاورزان، طوطی دم‌دراز کارولینایک آفت بود و به سادگی شکار می‌شد زیرا دور هم ازدحام می‌کردند و به محض شلیک گلوله و شنیدن صدای تفنگ رو به آسمان پرواز می‌کردند، اما بلافاصله برمی‌گشتند و به سراغ رفقای افتاده‌شان می‌رفتند.

چارلز ویلسن پیل در کتاب کلاسیک پرنده‌شناسی آمریکا *(American Ornilhology)* که در اوایل سدهٔ نوزدهم نوشته است به شرح واقعه‌ای می‌پردازد که در آن بارها و بارها به سوی درختی که این پرنده‌ها در آن لانه می‌کنند شلیک می‌کنند:

> با هر بار شلیک پیاپی، با انکه انبوهی از آن‌ها سرنگون می‌شدند و بر زمین می‌ریختند، باز به نظر می‌رسید که بر احساس ترحم باقی‌مانده‌ها افزوده می‌شود؛ چون پس از گشت زدن در اطراف، دوباره در کنار من بر زمین می‌نشستند و با چنان نشانه‌هایی از دلسوزی و علاقه به مقتولشان خیره می‌شدند که من یکسره خلع سلاح می‌شدم.

در دومین دههٔ سدهٔ بیستم، این پرندگان چنان بی‌رحمانه شکار شده بودند که فقط تعداد انگشت‌شماری از آن‌ها در قفس زنده مانده بودند. آخرین پرنده که اینکا (Inca) نامیده می‌شد، در سال ۱۹۱۸ در باغ وحش سینسیناتی درگذشت (بلافاصله کمتر از چهار سال پس از مرگ آخرین کبوتر مهاجر در همان باغ وحش) و با شکوه تمام آمادهٔ نگهداری در باغ وحش شد. راستی، حالا برای دیدن اینکای بیچاره کجا خواهید رفت؟ خدا می‌داند. چون باغ وحش هم آن را از دست داد.

آنچه در داستان بالا حیرت‌انگیز و گیج‌کننده است آن است که خود پیل عاشق پرندگان بود و با این حال فقط و فقط محض دلخوشی خودش، از دسته‌دسته کشتن آن‌ها لذت می‌برد. یک واقعیت حقیقتاً حیرت‌آور آن است که مدت‌های طولانی، افرادی که بیش از همه شیفتهٔ موجودات زندهٔ جهان بودند، بیش از دیگران به انقراض آن‌ها یاری رساندند.

از این جهت هیچ کس بهتر از لاینل والتر راتچایلد یا دومین بارون راتچایلد به معنی گستردهٔ این اصطلاح (از هر لحاظ) نماینده و مصداق این مورد نبوده است. راتچایلد که در خانواده‌ای بانکدار چشم به جهان گشود، انسانی عجیب و گوشه‌گیر بود. او تمام عمرش را در بخش مخصوص کودکان خانواده‌اش در ترینگ باکینگمشر سپری کرد و در این مدت از میز و صندلی سال‌های کودکی خود استفاده کرد ــ حتی در تختخواب سال‌های کودکی‌اش می‌خوابید، البته وزنش آرام‌آرام به سیصد پوند رسید.

او شیفتهٔ تاریخ طبیعی بود و به گردآوری‌کنندهٔ پروپا قرص انواع چیزها تبدیل شد. چندین گروه انسان تحصیل‌کرده ــ هربار نزدیک به چهارصد نفر ــ را به گوشه و کنار جهان می‌فرستاد تا در جستجوی نمونه‌های جدید ــ به ویژه موجودات پرنده ــ از کوه‌ها صعود کنند و راه‌شان را در جنگل‌ها بگشایند. آن‌ها موجودات گردآوری شده را در صندوق‌ها یا جعبه‌های بزرگ می‌گذاشتند و به نشانی املاک خصوصی راتچایلد در ترینگ می‌فرستادند. در اینجا خود راتچایلد و گردانی از دستیارانش هر آنچه را که در برابرشان قرار می‌گرفت مفصلاً ثبت و تحلیل می‌کردند و جریان پیوسته‌ای از انواع کتاب‌ها، گزارش و تک‌نگاشت‌ها ــ برروی هم نزدیک به هزار و دویست عنوان ــ تولید می‌کردند. برروی هم، کارخانهٔ تاریخ طبیعی راتچایلد توانست بیش از دو میلیون نمونه را آماده‌سازی کند و پنج‌هزار گونهٔ موجودات زنده را بر بایگانی علمی بیافزاید.

نکتهٔ جالب توجه آن است که تلاش‌های راتچایلد برای گردآوری این چیزها در مقایسه با کارهایی که در سدهٔ نوزدهم انجام می‌شد نه گسترده‌ترین بود نه از سخاوتمندانه‌ترین پشتوانهٔ مالی برخوردار بود. چنین افتخاری، تقریباً بدون تردید به یک گردآوری‌کنندهٔ بریتانیایی دیگر به نام هیو کامینگ تعلق دارد که اندکی پیش از او می‌زیست، بسیار ثروتمندتر از او بود و چنان شیفتهٔ گردآوری

همه‌چیز بود که یک کشتی اقیانوس‌پیمای بزرگ ساخت و خدمهٔ لازم را برای گردش تمام وقت در آب‌های جهان و گردآوری هر آنچه در جهان یافت می‌شد ــ پرندگان، گیاهان، انواع جانداران و بویژه صدف‌ها ــ استخدام کرد. مجموعهٔ بی‌نظیر بارناکل‌های (جانورهای کشتی‌چسب) او بود که به داروین منتقل شد و شالودهٔ مطالعات دوران‌ساز او قرار گرفت.

اما راتچایلد، یقیناً دانشمندترین و در عین حال و متأسفانه کشنده‌ترین گردآوری‌کنندهٔ عصر خویش بود، چون در دههٔ ۱۸۹۰ متوجه جزایر هاوایی شد، که به احتمال قوی وسوسه‌انگیزترین محیط زیست آسیب‌پذیر کردهٔ زمین تا این تاریخ به شمار می‌رود. میلیون‌ها سال انزوا، این امکان را به جزایر هاوایی داده بود تا ۸۸۰۰ گونهٔ بی‌مانند گیاهی و جانوری را در خود به کمال برسانند. آنچه بیش از همه توجه راتچایلد را به خود جلب کرد پرندگان رنگارنگ و زیبای این جزایر بود که غالباً به صورت جمعیت‌های خیلی کوچک در رشته کوه‌های خاصی زندگی می‌کردند.

واقعهٔ غم‌انگیز برای بسیاری از پرندگان جزایر هاوایی این بود که آن‌ها علاوه بر آنکه زیبا، بی‌مانند، دوست‌داشتنی و نایاب بودند ــ تلفیقی خطرناک در بهترین اوضاع ــ بلکه شکارشان متأسفانه بسیار آسان بود. فینچ کوای بزرگ محجوبانه در سایبان‌های درختان کوا پنهان شده بود، اما اگر آواز آن را تقلید می‌کردند، پرندهٔ ساده‌دل ناگهان از زیر سایبان خارج می‌شد و برای نشان دادن استقبالش رو به پایین به پرواز در می‌آمد. آخرین نمونهٔ این‌گونه در سال ۱۸۹۶ نابود شد، یعنی توسط هری پامر گردآوری‌کنندهٔ چیره‌دست راتچایلد کشته شد، که مصادف بود با پنج سال پس از نابود شدن عموزاده‌اش فینچ کوای کوچک یا پرنده‌ای چنان نایاب که تاکنون فقط یکی از آن دیده شده است ــ همان یکی که برای مجموعهٔ راتچایلد شکار شد. رویهمرفته در طول ده سال و اندی که از آغاز گردآوری همه‌جانبهٔ موجودات زنده توسط راتچایلد می‌گذشت، دست کم ۹ گونه از پرندگان جزایر هاوایی نابود شدند، اما احتمال می‌رود از این هم بیشتر بوده باشند.

راتچایلد از لحاظ اشتیاق شدیدی که به شکار پرندگان به هر قیمت داشت، به هیچ وجه تنها نبود. دیگران، از او بسی بی‌رحم‌تر بودند. در سال ۱۹۰۷ وقتی یک گردآوری‌کنندهٔ معروف به نام النسن برایان متوجه شد که آخرین سه نمونهٔ

موجود ماموی سیاه را شکار کرده است که گونه‌ای پرندهٔ جنگلی بود و فقط ده سال پیش از این کشف شده بود، احساس کرد که وجودش از شنیدن این خبر سرشار از «لذت» شده است.

خلاصهٔ کلام آنکه به راحتی نمی‌شد آن روزگار را شناسایی کرد ــ روزگاری بود که تقریباً تک‌تک جانوران در صورتی که کوچکترین مزاحمتی از جانب‌شان احساس می‌شد تحت تعقیب قرار می‌گرفتند. در سال ۱۸۹۰ ایالت نیویورک بیش از صد جایزه برای کسانی تعیین کرد که شیرهای کوهستان‌های شرقی را شکار کنند و تحویل دهند، البته با علم به اینکه آن جانوران گریزان از حمله‌های مکرر انسان به مرز انقراض رسیده بودند. درست تا دههٔ ۱۹۴۰، بسیاری از دیگر ایالت‌های امریکا به سنت جایزه دادن برای شکار هر نوع موجود زندهٔ درنده ادامه دادند. ایالت ویرجینیای غربی یک بورسیهٔ تحصیلی به هر کسی می‌داد که بیشترین تعداد آفت مرده را تحویل دهد ــ و اصطلاح «آفت» نیز این‌گونه تفسیر می‌شد که منظور از آن تقریباً هر چیزی است که در مزرعه نروید یا به عنوان جانور دست‌آموز پرورش داده نشود.

شاید هیچ چیزی گویاتر از سرنوشت سسک کوچک و دوست داشتنی بچمن شگفت‌آور بودن آن روزگار را بیان نکند. این سسک که بومی ایالت‌های جنوبی آمریکا بود، به داشتن آوازی دلنشین و دلکش شهرت داشت، اما تعداد جمعیت‌های آن که هیچ‌گاه قابل توجه نبود تدریجاً رو به کاهش نهاد تا آنکه در دههٔ ۱۹۳۰ سسک یکسره نابود شد و تا چندین سال دیده نشد، سپس در سال ۱۹۳۹، از حسن تصادف روزگار، دو پرنده‌شناس مجزا در دو نقطهٔ بسیار دور، فقط به فاصلهٔ دو روز از یکدیگر به بقایای تنهای آن برخورد کردند. هر دو نیز پرنده‌های مشاهده شده را هدف شلیک قرار دادند و کشتند، و این آخرین‌باری بود که سسک بچمن دیده شد و دیگر دیده نشد.

تمایل درونی به نابود کردن پرندگان و دیگر موجودات زنده، به هیچ وجه مختص آمریکاییان نبود. در استرالیا، برای شکار و تحویل هر ببر تاسمانی (یا گرگ تاسمانی، به بیان دقیق‌تر) که جانوری سگ‌سان با نوارهای آشکارا «ببرگونه» در پشت خود است، تا زمانی که آخرین نمونهٔ بازماندهٔ آن یکه و تنها و بی‌نام و نشان در سال ۱۹۳۶ در باغ وحش خصوصی هوبارت نمرده بود جایزه پرداخت

می‌شد. اگر همین امروز به موزه تاسمانی بروید و بخواهید آخرین نمونهٔ این گونه ــ تنها کیسه‌دار گوشتخوار بزرگی که تا روزگار ما زنده مانده است ــ را ببینید، تنها چیزی که برای نشان دادن در اختیار دارند چندتا عکس است. آخرین گرگ تاسمانی باقی‌مانده همراه با زباله‌های هفتگی موزه به دور انداخته شد.

تمام این نکات را یادآور شدم تا بگویم اگر دست‌اندرکار طراحی موجود زنده‌ای برای مراقبت از حیات در کیهان تنهای ما، نظارت بر مسیر حرکت آن و گردآوری و حفظ مدارک مربوط به گذشتهٔ آن شدید، انسان‌ها را بدین منظور انتخاب نکنید.

اما در اینجا یک نکتهٔ بی‌نهایت برجسته وجود دارد: ما به دست سرنوشت یا پرودرگار یا هر نامی که بر آن بگذارید برگزیده شده‌ایم. تا جایی که ما می‌توانیم بگوییم بهترین موجودات این کیهانیم. شاید هم تنها موجودات ممکن در آن باشیم.

تصور اینکه ممکن است ما عالی‌ترین دستاورد کائنات و در عین‌حال مخوف‌ترین کابوس کائنات باشیم، تصوری تکان‌دهنده است. چون ما موجوداتی فوق‌العاده بی‌احتیاط در نگهداری از چیزها در زمان حیات یا خارج از حیات آن‌ها هستیم، هیچ اطلاعی یا تصوری ــ حقیقتاً هیچ ــ از تعداد موجوداتی که دایماً مرده‌اند، یا در آینده خواهند مرد یا هیچ‌گاه نخواهند مرد و اینکه ما در هر بخشی از این فرآیند چه نقشی بازی کرده‌ایم نداریم. نورمن مایرز در کتاب غرق شدن کشتی نوح (*The Sinkinng Ark*) که در سال ۱۹۷۹ انتشار یافت اعلام کرد که فعالیت‌های انسان در هر هفته باعث دو انقراض در کرهٔ زمین می‌شوند. تا اوایل دههٔ ۱۹۹۰ این رقم را به چیزی در حدود ششصد مورد در هفته افزایش داده بود. (یعنی انواع گوناگون انقراض‌ها ــ شامل گیاهان و حشرات و غیره به اضافهٔ جانوران.) برخی دیگر، این رقم را خیلی بیشتر ــ تا حدود هزار مورد در هفته ــ اعلام می‌کنند. از طرف دیگر در گزارشی که سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۵ انتشار داد، تعداد کل انقراض‌های شناخته شده در ۴۰۰ سال گذشته را اندکی کمتر از ۵۰۰ مورد برای جانوران و اندکی بیش از ۶۵۰ مورد برای گیاهان اعلام کرد ــ ضمن آنکه پذیرفت که تعداد انقراض‌های مذکور در این آمار بدون تردید و بویژه در مورد گونه‌های گرمسیری، دست کم گرفته شده است. تعداد

انگشت‌شماری از مفسران نیز معتقدند که ارقام مربوط به انقراض گیاهان و جانوران، آشکارا اغراق‌آمیز هستند.

واقعیت آن است که ما نمی‌دانیم کدام یک درست می‌گویند. هیچ تصوری از حقیقت قضیه نداریم. هیچ نمی‌دانیم چه زمانی به انجام کارهایی پرداختیم که تاکنون انجام داده‌ایم. نمی‌دانیم در حال حاضر به چه کاری مشغولیم یا کارهای امروزی ما چه تأثیری در آینده خواهند داشت. آنچه می‌دانیم این است که برای انجام دادن این کارها فقط یک سیاره وجود دارد، و فقط یک گونه از موجودات زنده قادر است تغییرات قابل توجه در آن ایجاد کند. ادوارد ا. ویلسن این نکته را با ایجازی تردیدناپذیر در کتاب تنوع حیات (*The Diversity of Life*) چنین بیان می‌کند: «یک سیاره، یک آزمایش.»

اگر این کتاب با درسی همراه بوده باشد آن درس این است که ما موجوداتی فوق‌العاده خوشبختیم که در این کرهٔ خاکی حضور داریم و منظورم از «ما» هر موجود زنده است. دست یافتن به هر نوعی از حیات در این کائنات، به نظر می‌رسد دستاوردی بس بزرگ باشد. ما به عنوان موجودات انسانی البته دوچندان خوشبختیم. نه فقط از امتیاز زنده بودن بلکه از توانایی‌های منحصر به فرد درک زندگی و بهتر ساختن آن به طرق بی‌شمار برخورداریم. این، استعدادی است که ما اکنون در ابتدای مسیر درک آن قرار گرفته‌ایم.

ما در مدت زمانی بس کوتاه و شگفت‌انگیز به این موضع برتر رسیده‌ایم. انسان‌های جدید ــ یعنی افرادی که می‌توانند سخن بگویند و کارهای هنری بیافرینند و فعالیت‌های پیچیده را سازمان‌دهی کنند ــ از لحاظ رفتاری، فقط در زمانی معادل ۰/۰۰۰۱ تاریخ کرهٔ زمین در آن زندگی کرده‌اند. اما زنده ماندن در همان مدت زمان کوتاه مستلزم وقوع زنجیرهٔ تقریباً بی‌پایانی از رخدادهای خوب و مساعد بوده است.

ما حقیقتاً در ابتدای راهیم. البته لطف ماجرا در آن است که هیچ‌گاه پایان راه را پیدا نکنیم. و این، بدون تردید مستلزم انبوهی از وقفه‌های خوب و مساعد به تعداد بیشتر خواهد بود.

# کتاب‌شناسی

Aczel, Amir D. *God's Equation: Einstein, Relativity, and the Expanding Universe.* New York: Delta/Random House, 1999.
Alberts, Bruce, et al. *Essential Cell Biology: An Introduction to the Molecular Biology of the Cell.* New York and London: Garland Publishing, 1998.
Allen, Oliver E. *Atmosphere.* Alexandria, Va.: Time-Life Books, 1983.
Alvarez, Walter. *T. Rex and the Crater of Doom.* Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1997.
Annan, Noel. *The Dons: Mentors, Eccentrics and Geniuses.* London: HarperCollins, 2000.
Ashcroft, Frances. *Life at the Extremes: The Science of Survival.* London: HarperCollins, 2000.
Asimov, Isaac. *The History of Physics.* New York: Walker & Co., 1966.
——. *Exploring the Earth and the Cosmos: The Growth and Future of Human Knowledge.* London: Penguin Books, 1984.
——. *Atom: Journey Across the Subatomic Cosmos.* New York: Truman Talley/-Dutton, 1991.
Atkins, P. W. *The Second Law.* New York: *Scientific American,* 1984.
——. *Molecules.* New York: *Scientific American,* 1987.
——. *The Periodic Kingdom.* New York: Basic Books, 1995.
Attenborough, David. *Life on Earth: A Natural History.* Boston: Little, Brown & Co., 1979.
——. *The Living Planet: A Portrait of the Earth.* Boston: Little, Brown & Co., 1984.
——. *The Private Life of Plants: A Natural History of Plant Behavior.* Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1995.

Baeyer, Hans Christian von. *Taming the Atom: The Emergence of the Visible Microworld.* New York: Random House, 1992.
Bakker, Robert T. *The Dinosaur Heresies: New Theories Unlocking the Mystery of the Dinosaurs and Their Extinction.* New York: William Morrow, 1986.
Ball, Philip. *$H_2O$: A Biography of Water.* London: Phoenix/Orion, 1999.
Ballard, Robert D. *The Eternal Darkness: A Personal History of Deep-Sea Exploration.* Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2000.
Barber, Lynn. *The Heyday of Natural History: 1820–1870.* Garden City, N.Y.: Doubleday, 1980.
Barry, Roger G., and Richard J. Chorley. *Atmosphere, Weather and Climate,* 7th ed. London: Routledge, 1998.
Biddle, Wayne. *A Field Guide to the Invisible.* New York: Henry Holt & Co., 1998.
Bodanis, David. *The Body Book.* London: Little, Brown & Co., 1984.
——. *The Secret House: Twenty-Four Hours in the Strange and Unexpected World in Which We Spend Our Nights and Days.* New York: Simon and Schuster, 1984.
——. *The Secret Family: Twenty-Four Hours Inside the Mysterious World of Our Minds and Bodies.* New York: Simon and Schuster, 1997.
——. *$E = mc^2$: A Biography of the World's Most Famous Equation.* London: Macmillan, 2000.
Bolles, Edmund Blair. *The Ice Finders: How a Poet, a Professor and a Politician Discovered the Ice Age.* Washington, D.C.: Counterpoint/Perseus, 1999.
Boorse, Henry A., Lloyd Motz, and Jefferson Hane Weaver. *The Atomic Scientists: A Biographical History.* New York: John Wiley and Sons, 1989.
Boorstin, Daniel J. *The Discoverers.* London: Penguin Books, 1986.
——. *Cleopatra's Nose: Essays on the Unexpected.* New York: Random House, 1994.
Bracegirdle, Brian. *A History of Microtechnique: The Evolution of the Microtome and the Development of Tissue Preparation.* London: Heinemann, 1978.
Breen, Michael. *The Koreans: Who They Are, What They Want, Where Their Future Lies.* New York: St. Martin's Press, 1998.
Broad, William J. *The Universe Below: Discovering the Secrets of the Deep Sea.* New York: Simon and Schuster, 1997.
Brock, William H. *The Norton History of Chemistry.* New York: W. W. Norton & Co., 1993.
Brockman, John, and Katinka Matson, eds. *How Things Are: A Science Tool-Kit for the Mind.* New York: William Morrow, 1995.
Brookes, Martin. *Fly: The Unsung Hero of Twentieth-Century Science.* London: Phoenix, 2002.
Brown, Guy. *The Energy of Life.* London: Flamingo/HarperCollins, 2000.
Browne, Janet. *Charles Darwin: A Biography.* Vol 1. New York: Alfred A. Knopf, 1995.
Burenhult, Göran, ed. *The First Americans: Human Origins and History to 10,000 B.C.* San Francisco: HarperCollins, 1993.
Cadbury, Deborah. *Terrible Lizard: The First Dinosaur Hunters and the Birth of a New Science.* New York: Henry Holt, 2000.
Calder, Nigel. *Einstein's Universe.* New York: Wings Books/Random House, 1979.
——. *The Comet Is Coming!: The Feverish Legacy of Mr. Halley.* New York: Viking Press, 1981.

Canby, Courtlandt, ed. *The Epic of Man.* New York: Time/Life, 1961.
Carey, John, ed. *The Faber Book of Sciences.* London: Faber and Faber, 1995.
Chorlton, Windsor. *Ice Ages.* New York: Time-Life Books, 1983.
Christianson, Gale E. *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and His Times.* New York: Free Press/Macmillan, 1984.
——. *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae.* Bristol, England: Institute of Physics Publishing, 1995.
Clark, Ronald W. *The Huxleys.* New York: McGraw-Hill, 1968.
——. *The Survival of Charles Darwin: A Biography of a Man and an Idea.* New York: Random House, 1984.
——. *Einstein: The Life and Times.* New York: World Publishing, 1971.
Coe, Michael, Dean Snow, and Elizabeth Benson. *Atlas of Ancient America.* New York: Equinox/Facts of File, 1986.
Colbert, Edwin H. *The Great Dinosaur Hunters and Their Discoveries.* New York: Dover Publications, 1984.
Cole, K. C. *First You Build a Cloud: And Other Reflections on Physics As a Way of Life.* San Diego: Harvest/Harcourt Brace, 1999.
Conard, Henry S. *How to Know the Mosses and Liverworts.* Dubuque, Iowa: William C. Brown Co., 1956.
Conniff, Richard. *Spineless Wonders: Strange Tales from the Invertebrate World.* New York: Henry Holt, 1996.
Corfield, Richard. *Architects of Eternity: The New Science of Fossils.* London: Headline, 2001.
Coveney, Peter, and Roger Highfield. *The Arrow of Time: The Quest to Solve Science's Greatest Mystery.* London: Flamingo, 1991.
Cowles, Virginia. *The Rothschilds: A Family of Fortune.* New York: Alfred A. Knopf, 1973.
Crick, Francis. *Life Itself: Its Origin and Nature.* New York: Simon and Schuster, 1981.
——. *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery.* New York: Basic Books, 1988.
Cropper, William H. *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking.* New York: Oxford University Press, 2001.
Crowther, J. G. *Scientists of the Industrial Revolution.* London: Cresset Press, 1962.
Darwin, Charles. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (facsimile edition). New York: Random House/Gramercy Books, 1979.
Davies, Paul. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life.* London: Penguin Books, 1999.
Dawkins, Richard. *The Blind Watchmaker.* London: Penguin Books, 1988.
——. *River Out of Eden: A Darwinian View of Life.* London: Phoenix, 1996.
——. *Climbing Mount Improbable.* New York: W. W. Norton, 1996.
Dean, Dennis R. *James Hutton and the History of Geology.* Ithaca: Cornell University Press, 1992.
de Duve, Christian. *A Guided Tour of the Living Cell.* 2 vols. New York: Scientific American/Rockefeller University Press, 1984.
Dennett, Daniel C. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life.* London: Penguin, 1996.

Dennis, Jerry. *The Bird in the Waterfall: A Natural History of Oceans, Rivers and Lakes*. New York: HarperCollins, 1996.

Desmond, Adrian, and James Moore. *Darwin*. London: Penguin Books, 1992.

Dewar, Elaine. *Bones: Discovering the First Americans*. Toronto: Random House Canada, 2001.

Diamond, Jared. *Guns, Germs and Steel: The Fates of Human Societies*. New York: Norton, 1997.

Dickinson, Matt. *The Other Side of Everest: Climbing the North Face Through the Killer Storm*. New York: Times Books, 1997.

Drury, Stephen. *Stepping Stones: The Making of Our Home World*. Oxford: Oxford University Press, 1999.

Durant, Will, and Ariel Durant. *The Age of Louis XIV*. New York: Simon and Schuster, 1963.

Dyson, Freeman. *Disturbing the Universe*. New York: Harper & Row, 1979.

Easterbrook, Gregg. *A Moment on the Earth: The Coming Age of Environmental Optimism*. London: Penguin, 1995.

Ebbing, Darrell D. *General Chemistry*. Boston: Houghton Mifflin, 1996.

Elliott, Charles. *The Potting-Shed Papers: On Gardens, Gardeners and Garden History*. Guilford, Conn.: Lyons Press, 2001.

Engel, Leonard. *The Sea*. New York: Time-Life Books, 1969.

Erickson, Jon. *Plate Tectonics: Unraveling the Mysteries of the Earth*. New York: Facts on File, 1992.

Fagan, Brian M. *The Great Journey: The Peopling of Ancient America*. London: Thames & Hudson, 1987.

Fell, Barry. *America B.C.: Ancient Settlers in the New World*. New York: Quadrangle/New York Times, 1977.

——. *Bronze Age America*. Boston: Little, Brown & Co., 1982.

Ferguson, Kitty. *Measuring the Universe: The Historical Quest to Quantify Space*. London: Headline, 1999.

Ferris, Timothy. *The Mind's Sky: Human Intelligence in a Cosmic Context*. New York: Bantam Books, 1992.

——. *The Whole Shebang: A State of the Universe(s) Report*. New York: Simon & Schuster, 1997.

——. *Coming of Age in the Milky Way*. New York: William Morrow, 1998.

——. *Seeing in the Dark: How Backyard Stargazers Are Probing Deep Space and Guarding Earth from Interplanetary Peril*. New York: Simon & Schuster, 2002.

Feynman, Richard P. *Six Easy Pieces*. London: Penguin Books, 1998.

Fisher, Richard V., Grant Heiken, and Jeffrey B. Hulen. *Volcanoes: Crucibles of Change*. Princeton: Princeton University Press, 1997.

Flannery, Timothy. *The Future Eaters: An Ecological History of the Australasian Lands and People*. Sydney: Reed New Holland, 1997.

——. *The Eternal Frontier: An Ecological History of North America and Its Peoples*. London: William Heinemann, 2001.

Flannery, Timothy and Peter Schouten. *A Gap in Nature: Discovering the World's Extinct Animals*. Melbourne: Text Publishing, 2001.

Fortey, Richard. *Life: An Unauthorised Biography*. London: Flamingo/HarperCollins, 1998.

**تاریخچهٔ تقریباً همه چیز**

«نمی دانستم پروتون یا پروتئین چیست، کوارک را از کواسار تشخیص نمی دادم، نمی دانستم زمین شناس ها چگونه می توانند نگاهی به یک لایه از تودهٔ سنگ دیوارهٔ یک دره بیندازند و عمر آن را تشخیص دهند، حقیقتاً چیزی نمی دانستم. یک اشتیاق آرام و خارق العاده برای یاد گرفتن و دانستن برخی نکات دربارهٔ این موضوعات و دریافتن اینکه تاکنون چند نفر توانسته اند از آن ها سر درآورند آرام آرام بر وجودم چیره شد. این همواره بزرگترین شگفتی زندگی ام بوده است ـ دانشمندان چگونه از مسایل سر در می آورند. فلان دانشمند چگونه می داند کرهٔ زمین چه وزنی دارد یا سنگ هایش چه عمری دارند یا چه چیزهایی در اعماق زمین نهفته است؟ چگونه می توانند به چگونگی و زمان پیدایش کائنات و شکل کائنات در نخستین روزهای پیدایش اش پی ببرند؟ چگونه می توانند دریابند که در درون اتم چه می گذرد؟ و سرانجام اینکه ـ یا شاید مهم تر از همه اینکه ـ چگونه ممکن است غالباً چنین به نظر برسد که دانشمندان تقریباً همه چیز را می دانند اما باز نمی توانند یک زلزله را پیش بینی کنند یا حتی بگویند که اگر فردا به تماشای مسابقهٔ فوتبال می رویم با خودمان چتر برداریم؟

بدین سان بود که تصمیم گرفتم بخشی از عمرم را ـ که از قرار معلوم سه سال شده است ـ به مطالعهٔ کتاب ها و مجله ها و یافتن کارشناسانی پارسامنش و شکیبا و آمادهٔ پاسخ گویی به انبوه پرسش های فوق العاده گنگ اختصاص دهم. اندیشهٔ اصلی در این کار، پی بردن به این نکته بود که آیا نمی توان شگفتی و دستاوردهای علم را در سطحی که خیلی فنی یا دشوار نباشد و در عین حال تماماً سطحی هم نباشد فهمید یا درک کرد ـ یا از آن در شگفت شد یا حتی از آن لذت برد؟

این اندیشه و امید من بود و کتابی هم که می خواهید به مطالعه اش بپردازید با چنین هدفی به نگارش درآمده است...»

ISBN 964-5676-48-7
9789645676481
۵۰۰۰ تومان
انتشارات مازیار